यंत्रमानव
और
यंत्रमानवविज्ञान

लोकोपयोगी विज्ञान

यंत्रमानव और यंत्रमानवविज्ञान

एम. आर. चिदम्बरा

अनुवाद
वासुदेव प्रसाद

नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया

ISBN 81-237-2695-3

पहला संस्करण : 1999 *(शक 1920)*

Robot and Robotics *(Hindi)*

रु. 25.00

निदेशक, नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया, ए-5 ग्रीन पार्क,
नयी दिल्ली-110016 द्वारा प्रकाशित

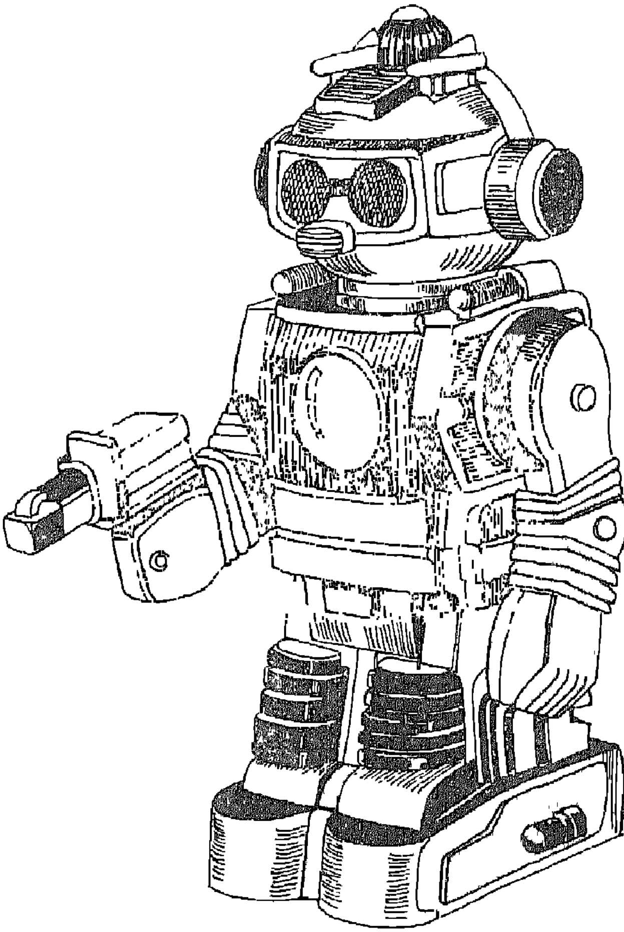
विषय-सूची

प्राक्कथन

में प्रो. बी. एस. सोंडे, डीन, अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय वैज्ञानिक संस्थान, बंगलौर तथा आई. ई. टी. ई. के प्रेजिडेंट के प्रति आभार प्रकट करता हूं, जिन्होंने मुझे यंत्रमानव और यंत्रमानव विज्ञान पर यह पुस्तक लिखने को कहा। मुझे यह पुस्तक लिखने में वहुत प्रसन्नता हुई। इस प्रकार के विषय पर पुस्तक लिखते हुए मेरे लिए मौलिकता का दावा करना संभव नहीं है। यह पुस्तक अन्य बहुत-सी पुस्तकों में इसी विषय पर प्रकाशित अन्य तकनीकी सामग्री पर आधारित है। सभी स्रोतों का यहां उल्लेख करना संभव नहीं है, इसलिए मैं उन सभी आलेखों एवं पुस्तकों के लेखकों का अत्यंत आभारी हूं। मुझे (पूरे कर्नाटक में) उच्च विद्यालय के विद्यार्थियों को व्याख्यान देने का मौका मिला, जिसमें विद्यार्थियों ने अनेक रुचिपूर्ण सवाल किए एवं चर्चाओं में बढ़-चढ़कर भाग लिया। इस पुस्तक की विषय-सूची में उन सभी प्रश्नों एवं चर्चाओं का स्पष्ट प्रभाव है। वे सभी विद्यार्थी मेरी प्रशंसा एवं आभार के पात्र हैं।

बंगलौर
जुलाई 1993

एम. आर. चिदम्बरा



1

भूमिका

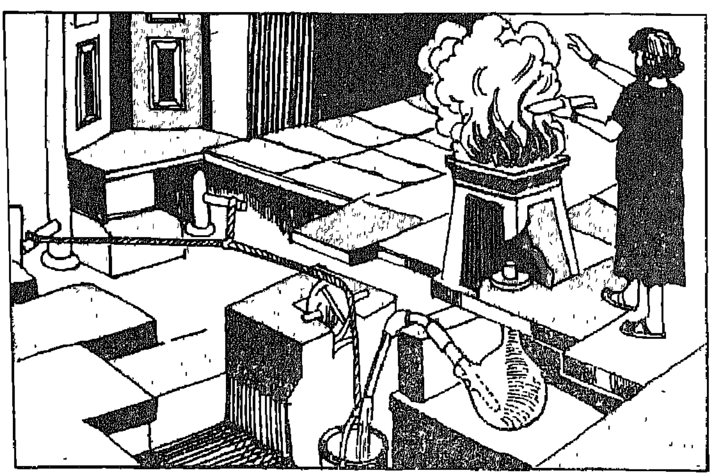
प्राचीन काल से मानव मस्तिष्क में एक ऐसे दास यंत्र की कल्पना कौंधती रही है जिसमें असीम ताकत हो और जो उसके लिए अद्‌भुत कार्य कर सके। अलादीन एवं जादुई चिराग की कहानी विश्व प्रसिद्ध है। जब चिराग को रगड़ा जाता था तब उसमें से एक जिन्न निकलता था जो आज्ञा के अनुसार कार्य करता था। इस कहानी से जहां हमें अद्‌भुत दास यंत्र रखने के लाभ का ज्ञान होता है, वहीं इस शक्तिशाली यंत्र के बुरे हाथों में पड़ने के खतरे की भी जानकारी मिलती है।

भारत की पौराणिक कथाओं में भी ऐसे अनेक राजकुमारों एवं जादूगरों की कहानियां हैं जिनके पास ऐसे दासों एवं यंत्रों को अपने काबू में रखने की शक्ति थी। रामायण तथा महाभारत जैसे महाकाव्यों में ऐसी विशाल तथा जादुई शक्तियों का वर्णन है। श्रीकृष्ण एक पर्वत को अपनी कनिष्ठ उगली पर उठाकर रख सकते थे। हनुमान एक पर्वत उठाकर हवा में उड़ सकते थे। रामायण और महाभारत में वर्णित धनुष-बाण के अंदर जादुई शक्ति भरी थी। दूसरे देशों में भी ऐसी कहानियां तथा महाकाव्य प्रचलित हैं।

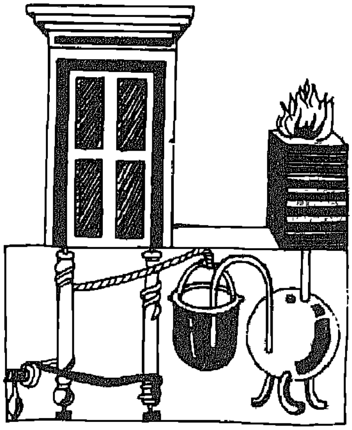
प्रागैतिहासिक काल से ही मनुष्य यंत्रमानव एवं असाधारण प्राणियों और जीव-जंतुओं से मुग्ध होता रहा है। इतिहास इस बात का साक्षी है कि मिस्र देश के मंदिरों में पुजारी यांत्रिक भुजाएं तथा अपने आराध्य की मूर्तियां बनाकर रखते थे। उन्हें वे गुप्त रूप से नियंत्रित करते थे मानो वे ईश्वर की प्रेरणा से कार्य कर रहे हों। पुजारी ऐसे यंत्रों का प्रयोग अपने विश्वासी को प्रभावित करने तथा अपने आलोचकों को धमकाने के लिए किया करते थे। जब एक भीमकाय देवता आग तथा धुआं निगल लेता तथा पुरातन पंथियों की तरफ हाथ हिलाता था और

उनसे आज्ञा मनवा लेता था तो इससे लोग निश्चित रूप से प्रभावित होते होंगे।

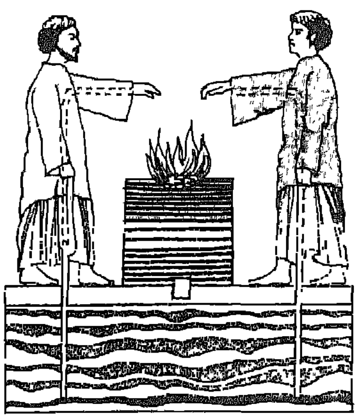
यूनान के नामी प्राचीन गणितज्ञ तथा अभियंता एलेग्सैंड्रिया ने एक ऐसा झरना बनाया, जिस पर उसका नाम लिखा था। इसमें उसने दो ऐसी तकनीकों का प्रयोग किया था जिसे मिस्र देश के पुजारियों ने पूजा-स्थल पर जादुई कारनामों के रूप में अपनाया। चित्र-1 में ऐसे एक दरवाजे का विवरण है जो खोखले धातु का बना था तथा मंदिर के द्वार पर लगा होता था। इसमें एक ऐसी यंत्र विधि थी, जिससे ऐसा प्रतीत होता था जैसे ईश्वर की इच्छा से ही मंदिर का दरवाजा खुलता है। जब धूप-नैवेद्य जलाए जाते थे, नीचे छुपाए जल के बंद बर्तन में गर्म हवा का दबाव खोखले धातु की बनी पूजा की वेदी में बढ़ जाता जिससे कम दबाव वाली बाल्टी में जल गिरने लगता था। इससे बाल्टी में जल का वजन बढ़ जाता, बाल्टी नीचे जाने लगती और यह क्रिया मंदिर के द्वार खोल देती थी (चित्र 2)। दरवाजे का स्वयं खुलना भक्तों को ईश्वर की महिमा प्रतीत होती थी जबकि यह पुजारियों द्वारा हवन सामग्री जलाने के कारण होता था। वास्तव में, छिपी हुई यांत्रिक विधि का लोगों को पता नहीं चल पाता था।



चित्र 1 : मिस्र के मंदिर में जादुई प्रदर्शन। वेदी में हवन सामग्री जलाने से मंदिर के द्वार स्वतः खुल जाते हैं।



चित्र 2 : मंदिर द्वार खुलने की कार्य प्रणाली (चित्र-1 से तुलना करें)।

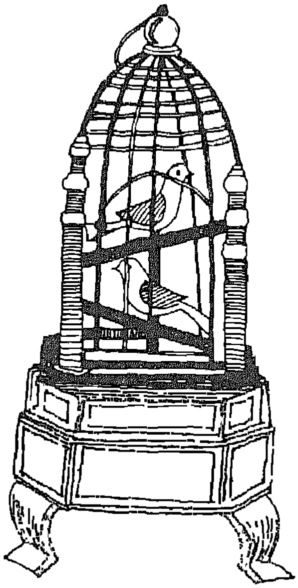


चित्र 3 : प्राचीन पुजारियो द्वारा दूसरा झूठा तिलस्मी प्रदर्शन, जिसमें दर्शाया गया है कि किस तरह प्रज्वलित वेदी में अंत तक हवन सामग्री गिरती है।

ऐसा ही दूसरा मिथ्या करिश्मा जो पुजारी किया करते थे, चित्र 3 में वर्णित है। इसमे जब आग प्रज्वलित की जाती थी, फैलती हवा का दबाव पुजारियों की मूर्तियों के भीतर छिपे पाइपों के जरिए जमीन के नीचे से और अधिक लोबान को खींचता था और ज्वाला प्रज्वलित रहती थी। इसे भक्त भगवान की माया समझकर मुग्ध होते थे। लेकिन जब मठाधीश को आभास होता कि भगवान पर चढ़ावा कम चढ़ाया जा रहा है, तो वह भूतल सतह में छिपे ढक्कन का मुंह धीरे से खोल देता था। इससे गर्म हवा का दबाव हटाए गये ढक्कन से निकलने लगता और लोबान का बहाव रुक जाता। फलस्वरूप ज्वाला धीमी पड़ जाती थी।

करिश्मा यंत्रमानव तथा अन्य अनोखे प्राणियों में रुचि आज भी कायम है। पिछले 350 वर्षों में प्रतिभावान अन्वेषकों ने परिकल्पना करके कई यंत्र बनाये हैं।

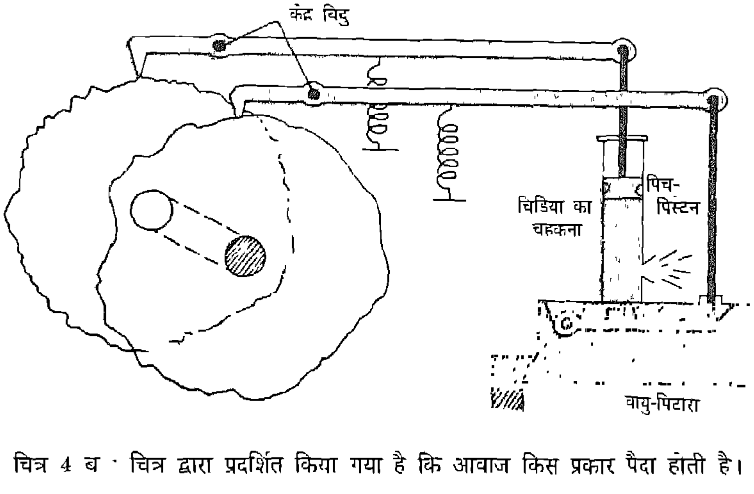
मध्यकालीन गिरजाघरों के ऊपर घड़ियां लगी होती थीं। उनमें हर घंटे बाद मानवीय आकृति के बराबर यंत्रमानव, देवदूत अथवा



चित्र 4 अ : चिड़िया-बाजा।

दैत्याकार धातुमूर्ति, एक भारी हथौड़े से घंटा बजाया करता था। समय बीतता रहा और इसमें और सुधार लाया जाता रहा। मैसूर के जगनमोहन पैलेस तथा सालारजंग संग्रहालय, हैदराबाद में आज भी ऐसी घड़ियां मौजूद हैं।

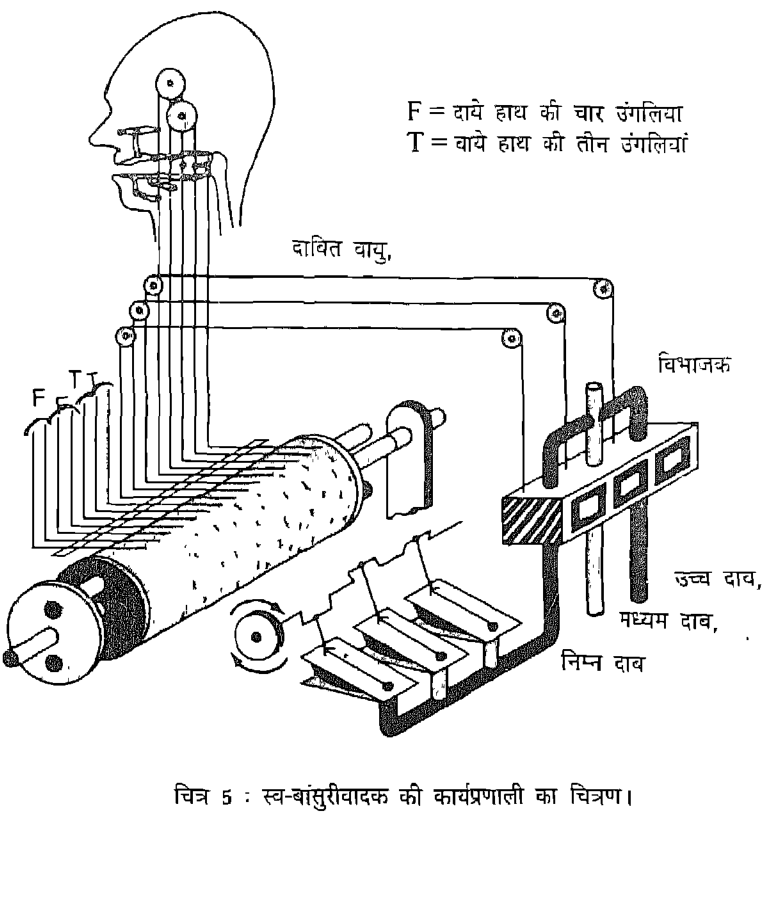
1770 के करीब एक चिड़िया (अवयव) बनाई गयी, जिसे चित्र 4 अ में दर्शाया गया है। यह चिड़िया, (एक चुना हुआ चिड़िया) का स्वर निकाल सकती थी तथा उस वक्त उसकी चोंच, सिर तथा डैने वास्तविक रूप में हिलने लगते थे। इस विधि का कैम तथा लीवर के द्वारा यांत्रिक घड़ी के सिद्धांत पर आविष्कार किया गया था (चित्र 4 ब)।



चित्र 4 ब · चित्र द्वारा प्रदर्शित किया गया है कि आवाज किस प्रकार पैदा होती है।

वर्ष 1738 में, पेरिस में जैक्स दि वौकेन्सन ने एक स्वचालित बांसुरी वादक का निर्माण और प्रदर्शन किया। बांसुरी वादक को एक संगीतकार के कपड़ों में सुसज्जित किया गया था। यह अपने होंठों से बांसुरी लगाता, उसमें फूंक मारता और उसकी धुन को नियंत्रित करने के लिए अपनी उंगलियों को बांसुरी के छिद्रों पर संचालित करता था। बांसुरी वादक एक हारमोनियम जैसे ड्रम द्वारा चलता था और संपीड़ित हवा के सिद्धांत पर कार्य करता था (चित्र 5)।

1805 के आसपास लंदन में हेनरी मेलार्डेट ने एक अविश्वसनीय स्वचालित यंत्र बनाया जो लिख और चित्र बना सकता था। इस स्वचालित यंत्र में काफी जटिल परंतु यांत्रिक घड़ी की क्रिया अपनाई गयी थी। यह लगभग पांच मिनटों में एक जहाज का चित्र बना सकता था। इस चित्र में उस जहाज के

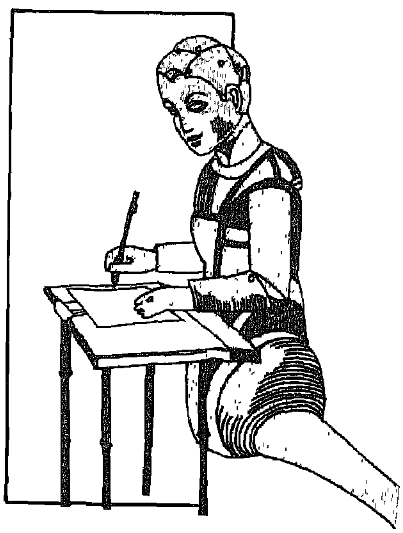


चित्र 5 : स्व-बांसुरीवादक की कार्यप्रणाली का चित्रण।

अंदर के समस्त मुख्य अवयवों, तीन डेक तथा चिमनी आदि, के चित्र शामिल होते थे। फ्रेंच भाषा में यह यंत्र पांच पंक्तियों की एक कविता भी लिख सकता था। लिखने वाले स्वचालित यंत्र को चित्र 6 में दर्शाया गया है।

यद्यपि उन दिनों यंत्रमानव अथवा रोबोट की भांति अनेक प्रणालियां मौजूद थीं, लेकिन चेकोस्लोवाकिया के नाटककार कारेल कैपेक ही वह पहले व्यक्ति हुए, जिन्होंने 1921 में लिखे गये अपने नाटक 'रोसम'स यूनिवर्सल रोबोट' में पहली बार रोबोट शब्द का इस्तेमाल किया। इस नाटक में फैक्टरी में बनाए गये *मिथ्या-मानव* वास्तविक मनुष्यों के संग-संग काम करते थे। ये यंत्रमानव अपने आप ही काम करते। वे सोच सकते थे, देख सकते थे। जब उन्होंने पाया कि मालिक उनका गलत ढंग से प्रयोग कर रहा है, तब उन्होंने उस आदमी के विरुद्ध बगावत कर दी और आसपास की सभी चीजों को तहस-नहस कर दिया।

चेक भाषा में 'रोबोटा' का तात्पर्य दास मजदूर होता है, या ऐसी अनिवार्य सेवा या श्रम जो श्रमिकों के द्वारा कराई जाये। कैपेक के नाटक में जो रोबोट का चित्र बताया गया, उससे आम जनता में एक धारणा बनी कि यह एक दैत्याकार आदमी के समान यंत्र है जिससे भय खाना लाजमी है। मेरी शैली द्वारा लिखित 'फ्रैंकेंस्टिन' में ऐसे डर का जिक्र है। तभी से मनुष्य के दिमाग में रोबोट



चित्र 6 : मेलार्डेट का स्वतः लेखन कार्य।

ने अथक परिश्रम करने वाले दुर्भाग्यसूचक यंत्रमानव का रूप ले लिया है। संभवतः यह कैपेक के नाटक का प्रत्यक्ष प्रभाव नहीं, अपितु 1926 में लैंग्स द्वारा निर्मित चलचित्र 'मेट्रोपोलिस' पर इसके प्रभाव ने 'रोबोट' शब्द को आम जनता में प्रचारित किया।

यद्यपि 'रोबोट' अर्थात् यंत्रमानव के बारे में सोच-विचार की शुरुआत 1920 में हो गयी थी, लेकिन इस पर वैज्ञानिक प्रयोग इसके 40 वर्ष बाद तक भी नहीं हुए। हालांकि यंत्रमानव शब्द वैज्ञानिक लेखों, कहानियों एवं चलचित्रों में हमेशा उभरता रहा। प्रसिद्ध विज्ञान कहानी लेखक सर आइजक असीमोव ने यंत्रमानव के बारे में अनेक कहानियां लिखी हैं। असीमोव की कहानियों का रोबोट एक उदार जीव है जो हमेशा अपने मालिक की सहायता के लिए तत्पर रहता है और उसकी रक्षा के लिए अपना जीवन तक दे सकता है।

यह 1960 की बात है जब अमेरिका के चार्ल्स डिवोल एवं जोसेफ एंगलबर्गर ने पहले कंप्यूटर नियंत्रित रोबोट अर्थात यंत्रमानव का निर्माण किया और बताया कि यंत्रमानव किस प्रकार उद्योगों में सहायक हो सकता है। फिर भी लोगों के मन में संदेह था कि क्या यंत्रमानव वास्तव में सहयोगी हो पायेगा ? हकीकत में वे लोग रोबोट की ओर संदेह एवं मजाक की दृष्टि से देख रहे थे। उसी दौरान बनी फिल्म 'माडर्न टाइम्स' में जिसमें चार्ली चैपलीन की मुख्य भूमिका थी, यंत्रमानव के प्रति ऐसे ही भाव प्रदर्शित किए गये थे। विशाल आकृति एवं अधिक निर्माण-लागत की वजह से यंत्रमानव का प्रयोग संभव नहीं हो सका।

सन् 1980 में, माइक्रोइलैक्ट्रॉनिक्स एवं माइक्रोकंप्यूटर के आविष्कार के साथ, कंप्यूटर का आकार बहुत छोटा हो गया तथा इसके दामों में काफी गिरावट आयी। फलतः तब से उद्योगों में रोबोट का प्रयोग संभव हो गया। अभियंताओं एवं वैज्ञानिकों द्वारा यंत्रमानव के उद्योगों में सफल प्रयोग के कारण लोग अब पूछने लगे, "क्या रोबोट मनुष्य का स्थान ले लेगा ? क्या रोबोट का प्रयोग बेरोजगारी में वृद्धि नहीं लायेगा ?" इस डर का मुख्य कारण रोबोट के बारे में लोगों की अज्ञानता एवं नासमझी थी। बेरोजगारी का भय तो प्रथम औद्योगिक क्रांति के समय में भी था। जब कंप्यूटर का आविष्कार हुआ, लोगों के मन में तब भी बड़े स्तर पर बेरोजगारी का संदेह था। समय के साथ लोगों के ये भय अब अर्थहीन सिद्ध हो चुके हैं। यंत्रमानव के बारे में सामाजिक एवं आर्थिक दृष्टि से किए गये अध्ययन से पता चलता है कि यह बेरोजगारी बढ़ाने की बजाय,

निपुण कार्यो में रोजगार के अधिक अवसर प्रदान करेगा। अगर हम यह मान भी लें कि यंत्रमानव मनुष्य का स्थान ले लेगा, तो भी मनुष्य के लिए असुविधाजनक, अप्रिय अथवा खतरनाक जगहों पर यत्रमानव के उपयोग पर कोई भी आपत्ति अथवा विरोध नहीं प्रकट कर सकता। इसके कुछ उदाहरण हैं, अति गर्म अथवा ठंडे प्रदेशों में काम करना, विषैली लपटो और गैसों के बीच वेल्डिंग तथा स्प्रे पेंट के कार्य, नाभिकीय ऊर्जा घर में रेडियोधर्मी रसायनों का उपचार अथवा मल-मूत्र से युक्त गंदे नालों की सफाई।

मानव की जगह यंत्रमानव का खतरनाक, एकाकीपूर्ण तथा एक ही क्रिया को बार-बार दुहराने जैसे काम में प्रयोग सबसे अधिक उपयोगी है। यंत्रमानव द्वारा स्थानातरित कर्मचारी को निश्चित ही अच्छे एवं नये रोजगार मिल जायेंगे। पूरे विश्व में गरीबी, भूख एवं बीमारियों से मुक्ति दिलाने के लिए अनेक असीमित कार्य हैं। हमें आवश्यकता है—नये ऊर्जा स्रोतों के विकास की, पर्यावरण प्रदूषण पर रोक की, अपने शहरों एवं गांवों के विकास की, समुद्र के उपयोग की, ग्रहो की खोजबीन तथा उन पर निवास के प्रयत्नों की। यंत्रमानव का नया युग और बहुत-सी नयी संभावनाओं को जन्म देगा। हम भविष्य में क्या पा सकते हैं, यह हमारी कल्पना एवं साहस पर निर्भर करता है।

2

यंत्रमानव और यंत्रमानवविज्ञान

यंत्रमानव क्या है ? यंत्रमानव के प्रति भिन्न लोगों के भिन्न मत हो सकते हैं। जब हम प्रारंभिक काल के यंत्रमानव सदृश युक्तियों को देखते हैं और उसकी आधुनिक यंत्रमानव से तुलना करते हैं तो हमें यह पूर्ण रूप से भिन्न प्रतीत होता है। अलादीन का चिराग हमें सोचने को विवश करता है कि यंत्रमानव एक ऐसी जुगत है जिसमें जादुई शक्ति है। परंतु यह रोबोट जैसी जुगत है काल्पनिक। मिस्र देश के पुजारियों द्वारा प्रयुक्त यांत्रिक भुजाओं तथा मूर्तियों ने हमें विश्वास दिलाया कि यंत्रमानव मनुष्य से मिलता-जुलता है, या कम-से-कम उसकी भुजाएं मानव भुजाओं जैसी प्रतीत होती हैं। मंदिर के द्वार को खोलने वाली यंत्र प्रणाली हमें बताती है कि यह एक यांत्रिक विधि है, हालांकि यह छिपी होती है। चिड़िया बाजा, स्वचालित बांसुरी वादक आदि सभी हमें एहसास कराते हैं कि यंत्रमानव कैम तथा लीवर से बने होते हैं और दर्शकों को प्रभावित करने के लिए कभी-कभी ये मानव की आकृति वाले भी बनाए जाते हैं। कारेल कैपेक का यंत्रमानव एक दैत्याकार मनुष्य सदृश मशीन है। असीमोव का रोबोट भी मनुष्य के समान एक परोपकारी मशीनी दोस्त है। विज्ञान कथा पर आधारित चलचित्रों में रोबोट को आदमी से मिलती-जुलती मशीन बताया गया है, जिसमें असीम ताकत एवं बुद्धिमत्ता है। आज कुछ लोग वैक्यूम क्लीनर अथवा एक स्वचालित वाशिंग मशीन को भी यंत्रमानव की संज्ञा देंगे। बहुतों का विश्वास है कि यंत्रमानव एक ऐसी मशीन है, जो बिना मनुष्य की दखलअंदाजी के भौतिक कार्य कर सकती है।

यंत्रमानव वास्तव में है क्या ? जब लोगों के मत यंत्रमानव के बारे में भिन्न

हैं, तब रोबोट को वास्तविक रूप से जानने के लिए रोबोट शब्द की परिभाषा की जरूरत हुई।

शब्दकोश में रोबोट का अर्थ है कि यह एक ऐसा स्वचालित उपकरण अथवा साधन है, जो मानव के लिए निर्धारित कामों को करता है या लगभग मानवीय मस्तिष्क के अनुरूप ही करता है। मजेदार बात यह है कि फिर भी हम रोबोट को इंसान की संज्ञा नहीं दे सकते। नाटकीय रूप देने के लिए कि रोबोट आदमी का ही काम करता है, विज्ञान गल्प एवं चलचित्रों में इसे एक मानवीय आकृति दे दी गयी है। असल में रोबोट के कार्यों का इसकी मानवीय आकृति से कोई संबंध नहीं है।

रोबोट अर्थात् यंत्रमानव बनाने वाली संस्था 'रोबोट इंस्टीट्यूट आफ अमेरिका' ने औद्योगिक रोबोट की निम्नलिखित परिभाषा दी है (औद्योगिक रोबोट ऐसा रोबोट है जो उद्योगों अथवा निर्माण उद्योगों में व्यवहृत होता है) :

'औद्योगिक रोबोट' कार्य निर्धारण के अनुसार पुनः कार्य करने वाला (रिप्रोग्रामेबेल), बहुत प्रकार के काम करने वाला ऐसा कुशल प्रबंधक है जो सामान को, उपकरण के हिस्सों को, औजारों अथवा विशेष प्रकार के साधनों को दिए गये प्रोग्राम के अनुसार विभिन्न प्रकार के कार्यों को सम्पादित करने के लिए स्थानांतरित कर सकता है।

इस परिभाषा में 'रिप्रोग्रामेबेल' शब्द का विशेष महत्व है। इसका तात्पर्य यह है कि रोबोट को रिप्रोग्राम किया जा सकता है। यही वह गुण है जो उसे एक निश्चित स्वचालित यंत्र से भिन्न करता है। एक निश्चित स्वचालित यंत्र द्वारा केवल एक ही विशिष्ट काम किया जा सकता है। यदि कार्य की विशिष्टताओं में जरा-सा भी बदलाव कर दिया जाता है, तो वह स्वचालित यंत्र अपना वह पूर्वनिर्धारित काम करने में भी असमर्थ हो जाता है जिसके लिए उसे बनाया गया था। हालांकि, रोबोट को तब भी रिप्रोग्राम किया जा सकता है जबकि विशिष्टताओं में बहुत अधिक परिवर्तन आ गया हो। बदले हुए कार्य के अनुसार मूल प्रोग्राम को आसानी से हटाया जा सकता है और उसमें नया प्रोग्राम भरा जा सकता है।

रौबोट को इसी मुख्य गुण कि इसे विभिन्न कार्यो के लिए रिप्रोग्राम किया जा सकता है, इसे एक अनाग्रही उपकरण बना दिया है। रोबोट की इसी अनाग्रहता के कारण, वे विनिर्माण यंत्र जिनमें रोबोटों का प्रयोग होता है

फ्लेक्सिबल मेनुफैक्चरिंग सिस्टम (एफ एम एस) कहलाते हैं।

रोबोट शब्द का परिचय कारेल कैपेक ने दिया। सर आइज़क असीमोव ने *रोबोटिक्स* शब्द की संरचना की। असीमोव के अनुसार, रोबोट से संबंधित विज्ञान ही रोबोटिक्स है। अतः रोबोटिक्स रोबोट का वैज्ञानिक अध्ययन है। डिजाइन, अवयवों के लिए उपयुक्त गुणवत्ता वाले पदार्थों का चयन, संरचना, अवयवों को चलाने के लिए विभिन्न प्रकार की मोटरों का चुनाव, इलैक्ट्रानिक सर्किट की परिकल्पना, कंप्यूटर तथा कंप्यूटर प्रोग्रामिंग और रोबोट नियंत्रण इस अध्ययन के अंतर्गत आते हैं। चूंकि रोबोट और रोबोटिक्स अभी भी विकास की अवस्था में हैं, इस दिशा में काफी अनुसंधान की आवश्यकता है, एवं इस पर कार्य चल भी रहा है। रोबोटिक्स विभिन्न विषयों का समावेश है, उनमें से कुछ एक हैं—यांत्रिक अभियांत्रिकी, पदार्थ विज्ञान, इलैक्ट्रानिक्स, कंप्यूटर विज्ञान, कंप्यूटर अभियात्रिकी और कंट्रोल सिस्टम। रोबोट के प्रयोग के अनुसार, रोबोटिक्स के अंतर्गत जीवविज्ञान, आयुर्विज्ञान, मनोविज्ञान, कृषि, खनन एवं बाह्य अंतरिक्ष इंजीनियरिंग इत्यादि क्षेत्र आते है।

मूलतः रोबोट दो प्रकार के होते हैं—*अचल* एवं *चल*। अचल रोबोट एक स्थिर प्लेटफार्म से जुड़े होते हैं। औद्योगिक रोबोट का चित्रण पृष्ठ 33 के चित्र 23 में देखा जा सकता है। अचल रोबोट एक ऐसे मनुष्य के समान होता है जो एक निश्चित स्थान पर खड़ा रहकर अथवा बैठकर अपने हाथों से काम करता है। चल रोबोट एक स्थान से दूसरे स्थान तक चलता-फिरता रहता है। रोबोट को चल अथवा चलायमान बनाने के लिए पहिये, पांव अथवा दूसरी रेंगने वाली यांत्रिक प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। पृष्ठ 35 के चित्र 25 में चलायमान रोबोट को दिखाया गया है। चलायमान रोबोट को मानव की आकृति दी जा सकती है, लेकिन इसकी आकृति का रोबोट के वास्तविक कार्य से कोई संबंध नहीं है। चिकनी सतह पर रोबोट को चलाने के लिए पहिया उपयुक्त है, पर खुरदरी सतह पर पांवों के प्रयोग को ही वरीयता दी जाती है। चलायमान रोबोट में संतुलन के लिए कम से कम तीन पांव या चक्के अवश्य होने चाहिए।

औद्योगिक रोबोट के अवयव

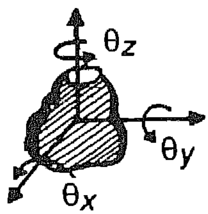
आइये, अब हम देखते हैं कि रोबोट कैसे बनाया जाता है। रोबोट बनाने में

उपयोगी अवयवों पर एक दृष्टि डाल लेनी चाहिए। जब हम औद्योगिक कार्यो की ओर देखते हैं तो पाते हैं कि अधिकतर कार्य आदमी एक निश्चित अवस्था में बैठकर या खड़े होकर संपादित करता है। इन कार्यो को मनुष्य अपने पांच प्रमुख अंगों की सहायता से करता है। प्रथम, वह जोड़ों से बनी भुजाओं को प्रयोग में लाता है। दूसरे, वह अपनी उंगलियों तथा हथेली को प्रयोग मे लाता है। तीसरे, वह अपनी उंगलियों, हथेली तथा भुजाओं को चलाने के लिए मांसपेशी-शक्ति का प्रयोग करता है। चौथे, वह उंगलियों, भुजाओं तथा हथेलियों को नियंत्रण में रखने के लिए दिमाग का प्रयोग करता है। अंततः वह अपनी ज्ञानेंद्रियों, आंखों, कानों तथा स्पर्श के जरिए कर्मेद्रियों को नियंत्रित करने के लिए दिमाग को सलाह देता है। दूसरी ज्ञानेद्रियों—नाक एवं जीभ का प्रयोग कम ही होता है। इसके समरूप ही, औद्योगिक रोबोट के पांच प्रमुख अवयव होते हैं। इन पांचों अवयवों का वर्णन आगे किया गया है :

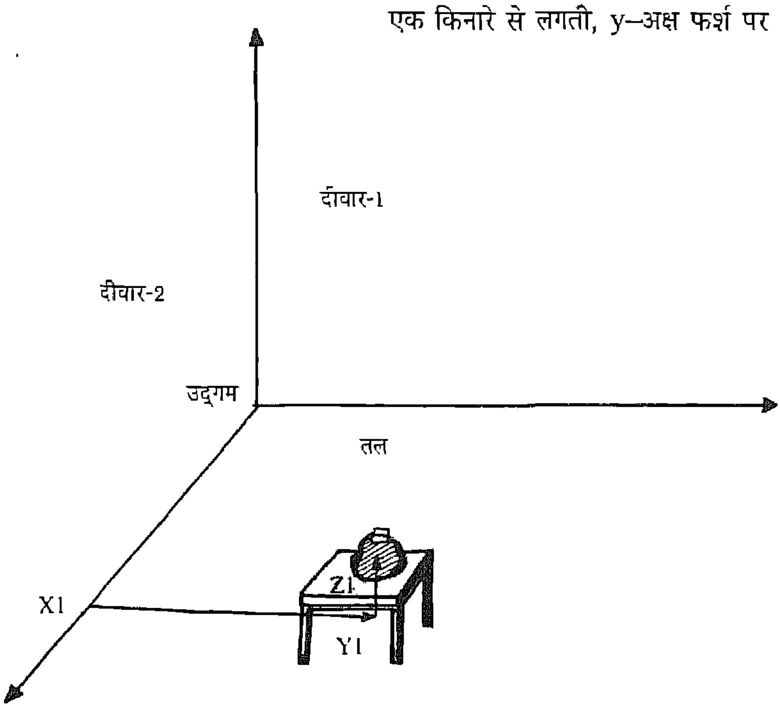
अवयव-1 : परिचालक

एक आदमी के बाहु-भुजा के समान ही औद्योगिक रोबोट के परिचालक में अनेकानेक जोड़ एवं कड़ियां होती हैं। लेकिन जोड़ एवं कड़ियों की संख्या रोबोट द्वारा किए जाने वाले काम पर निर्भर करती हैं। जोड़ों एवं कड़ियों की संख्या रोबोट के स्वतंत्र चालनों की संख्या पर निर्भर होती है। उदाहरणार्थ, अगर केवल एक कड़ी तथा जोड़ है तो गति एक ही दिशा में संभव है। अगर गति रैखिक है अर्थात् सीधी रेखा में है तो हम केवल उसी विशिष्ट सीधी रेखा में तथा उसी दिशा में किसी बिंदु तक बढ़ सकते हैं। इसके अतिरिक्त इस सीधी रेखा के सापेक्ष तय की गयी दूरी, कड़ी की लंबाई पर निर्भर करेगी। दूसरी ओर अगर जोड़ एक वृत्ताकार पथ पर घूमता है, जैसे कि हमारी बांह घूम सकती है, तब कड़ी का शीर्ष उसी वृत्ताकार पथ पर जाता है और कड़ी केवल इसी पथ पर किसी बिंदु को स्पर्श कर सकती है। अब अगर जोड़ एवं कड़ी की संख्या दो है और दोनों पारस्परिक रूप से एक दूसरे पर लम्बीय अक्ष में घूमते हैं तब दोनों की मिश्रित गति से हम एक आयताकार सतह के किसी भी बिंदु तक पहुंच सकते हैं। तकनीकी शब्दों में स्वतंत्र गति की संख्या को 'स्वच्छंद चाल की अधिकतम सीमा' कहते हैं। अब अध्ययन करेंगे कि हमें अंतरिक्ष में एक त्रि-आयामी कठोर वस्तु

की स्थिति को ठीक-ठीक बताने के लिए कितनी स्वतंत्र गति सीमाओं की आवश्यकता होती है। एक ठोस वस्तु का गुरुत्वाकर्षण केंद्र तीन अक्षों द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। ठोस वस्तु किसी भी दिशा में चल सकती है। यह एक्स, वाई (x, y) अथवा 'जेड' (z) किसी भी अक्ष पर घूम सकती है। उदाहरणार्थ,



हम मान लेते हैं कि एक कमरे में मेज पर एक वस्तु रखी है (चित्र 7)। सोचिए कि फर्श का एक कोना तीन आयामी समवर्गी प्रणाली का उद्गम है। मेज पर रखी उस वस्तु के गुरुत्वाकर्षक विंदु तक जाने के लिए हम आपस में लम्बीय आधार पर मिलने वाली तीन दिशाओं में जा सकते हैं (x–अक्ष फर्श से दीवार के एक किनारे से लगती, y–अक्ष फर्श पर

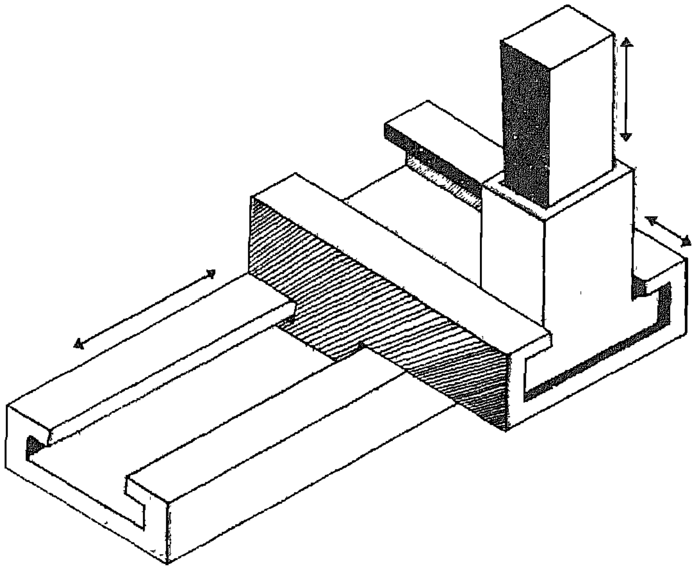


चित्र 7 : छह डिग्री मुक्त वस्तुस्थिति एवं वस्तु घुमाव की परिभाषित स्थिति का प्रदर्शन।

दीवार के दूसरे किनारे के सापेक्ष और z–अक्ष अनुप्रस्थ दिशा में दोनों दीवारों के पास्परिक लगते किनारों के सापेक्ष)। इस वस्तु की अवस्थिति को x, y और z अक्षों के सापेक्ष तीन घूर्णनों द्वारा बताया जा सकता है। इस तरह उस वस्तु की स्थिति और अवस्थिति को छह समवर्गियों या छह गतियों द्वारा बताया जा सकता है जो स्वतंत्र होती हैं। दूसरे शब्दों में अंतरिक्ष में एक स्थिर वस्तु की स्थिति को छह स्वच्छंद गति सीमाओं द्वारा अच्छी प्रकार बता सकते हैं।

इस प्रकार, एक आम उपयोग के औद्योगिक रोबोट में छह डिग्री स्वच्छंदता की क्षमता होनी चाहिए। इसमें जोड़ों एवं कड़ियों की संख्या छह अवश्य होनी चाहिए। कड़ियों की लंबाई इस पर निर्भर करती है कि रोबोट को हर दिशा में कितनी दूरी तक काम करना है। यह जानकारी रुचिकर है कि मनुष्य की भुजाओं में भी स्वच्छंदता छह डिग्री होती है। कंधे के जोड़ में 2 डिग्री स्वच्छंदता है। कोहनी में एक तथा कलाई के जोड़ में 3 डिग्री स्वच्छदता मौजूद है। चूंकि मनुष्य की भुजाओं में 6 डिग्री स्वच्छंदता होती हैं, वह (भुजाओं की पहुंच में आने वाली) किसी भी दिशा एवं तल पर स्थित वस्तु तक पहुंच सकता है। मानव भुजाओं के सभी जोड़ घूर्णनी होते हैं। घूर्णनी जोड़ को हम *रिवोल्यूट ज्वायंट* भी कहते हैं। औद्योगिक रोबोट को बनाने में रैखिक (ऐसे जोड़ जो सीधी रेखा में काम करते हैं) अथवा घूर्णनी जोड़ का प्रावधान रखा जा सकता है। रैखिक जोड़ को तकनीकी भाषा में प्रिसमेटिक ज्वायंट कहते हैं। एक तीन आयामी तल में ऐच्छिक बिंदु तक हम तीन मुक्त रैखिक जोड़ों, अथवा तीन मुक्त घूर्णनी जोड़ों अथवा तीन मुक्त रैखिक तथा घूर्णनी जोड़ों के संयोग से पहुंच सकते हैं। यद्यपि स्वैच्छिक गति केवल तीन परस्पर लंबवत् (स्वतंत्र) घूर्णनी जोड़ों द्वारा प्राप्त की जा सकती हैं। यह स्वैच्छिक गति को रैखिक जोड़ों अथवा रैखिक एवं घूर्णनी जोड़ों के संयोजनों द्वारा प्राप्त नहीं की जा सकती। इस परिप्रेक्ष में, एक सामान्य रोबोट परिचालक के लिए आवश्यक 6 डिग्री स्वच्छंदता मे से, तीन अंतिम जोड़ आवश्यक रूप से केवल तीन परस्पर लम्बवत् (स्वतंत्र) घूर्णनी जोड़ ही होने चाहिए। बाकी तीन जोड़ रैखिक एवं घूर्णनी जोड़ों का संयोजन हो सकते हैं। रैखिक जोड़ों की संख्या अथवा उसके तुल्य घूर्णनी जोड़ों की संख्या के आधार पर परिचालक को विभिन्न प्रकारों में बांटा गया है :

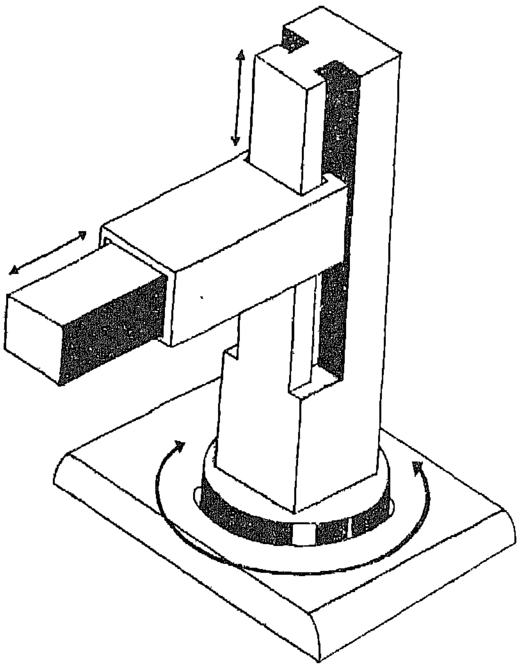
कार्टिज़ियन रोबोट परिचालक : इसमें तीन रैखिक तथा तीन घूर्णनी जोड़ होते



चित्र 8 : कार्टिज़िशन रोबोट परिचालक।

हैं। तीनों रैखिक जोड़ों की गति परस्पर लम्बवत् दिशाओं में होती है। कार्टिज़ियन परिचालक के प्रथम तीन रैखिक जोड़ों को चित्र 8 में दर्शाया गया है। इस प्रकार के परिचालक का कार्यस्थल छोटा होता है (रोबोट परिचालक की पहुंच के समस्त बिंदुओं का क्षेत्र कार्यस्थल कहा जा सकता है)। कार्टिज़ियन परिचालक में उच्च श्रेणी की यांत्रिक स्थिरता होती है। यह उच्च दर्जे की यथार्थता के साथ नियत बिंदु तक पहुंचने में सक्षम है। इसीलिए कार्टिजियन परिचालक का प्रयोग उसी स्थिति में होता है, जहां उच्च श्रेणी की यथार्थता की आवश्यकता होती है।

बेलनाकार रोबोट परिचालक : इस प्रकार के परिचालक में दो रैखिक तथा एक घूर्णनी जोड़ होता है, बाकी तीन जोड़ भी वास्तव में घूर्णनी ही होते हैं। बेलनाकार रोबोट परिचालक के पहले तीन जोड़ों को चित्र 9 में दर्शाया गया है। कार्टिज़ियन रोबोट की तुलना में इसका कार्यक्षेत्र बड़ा होता है। 'उठाओ और रखो' जैसे कार्यों में बेलनाकार रोबोट परिचालक सबसे ज्यादा उपयोगी होते हैं। एक नियत स्थान

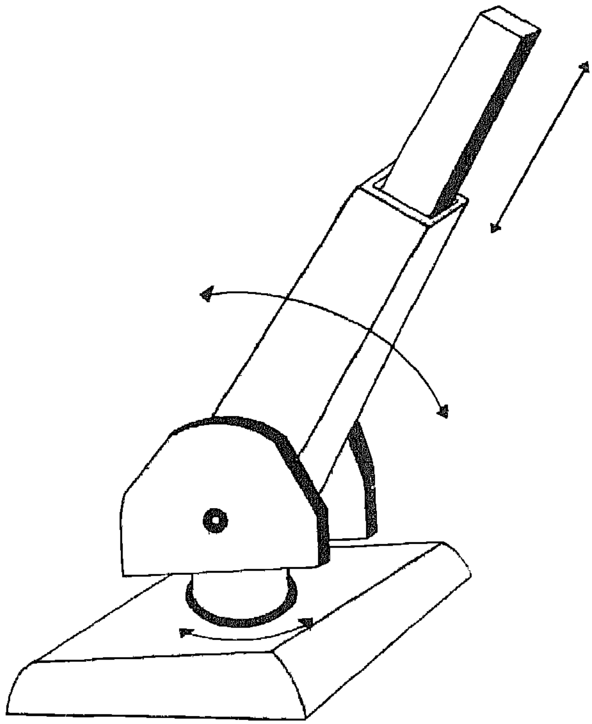


चित्र 9 : बेलनाकार रोबोट परिचालक।

से वस्तु को उठाकर दूसरे निर्धारित स्थान पर रखने की क्रिया इनके द्वारा सम्पादित होती है। कार्टिज़ियन रोबोट की तुलना में इसकी यांत्रिक स्थिरता कम होती है।

गोलाकार रोबोट परिचालक : अतिम तीन घूर्णनी जोड़ों के अलावा गोलाकार रोबोट परिचालक में एक रैखिक तथा दो घूर्णनी जोड़ भी होते हैं। चित्र 10 में गोलाकार रोबोट को दिखाया गया है। बेलनाकार रोबोट की तुलना में गोलाकार रोबोट परिचालक का कार्यक्षेत्र विस्तृत होता है किंतु यांत्रिक स्थिरता निम्नतर होती है।

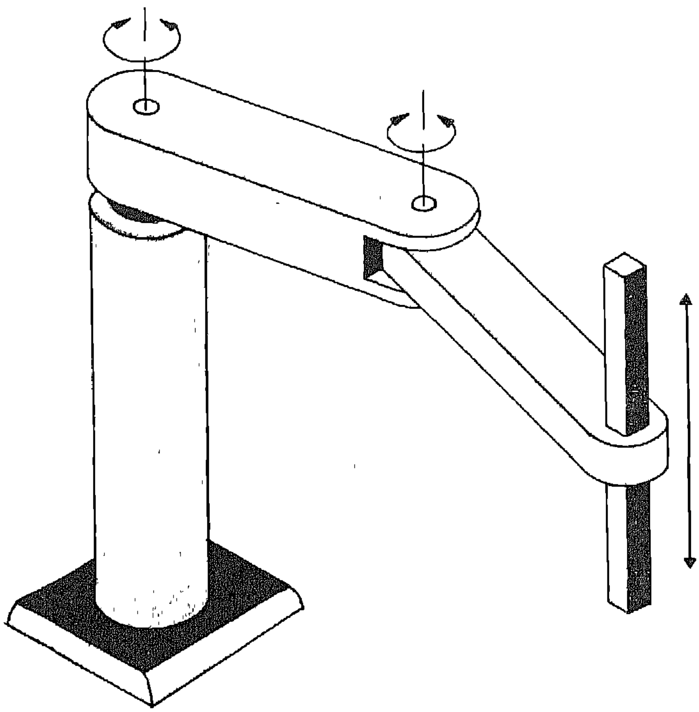
क्षैतिज संधियुक्त रोबोट : जैसा कि चित्र 11 में दिखाया गया है, इसमें दो घूर्णनी



चित्र 10 : गोलाकार परिचालक।

जोड़ एवं एक उर्ध्वाधर घूमने वाला घूर्णनी जोड़ होता है। अंतिम (तीन) जोड़ निश्चित तौर पर घूर्णनी ही होते हैं। इस तरह के रोबोट का कार्यक्षेत्र गोलाकार रोबोट परिचालक की तुलना में छोटा पर कार्टिज़ियन अथवा बेलनाकार रोबोट से विस्तृत होता है। इस तरह का रोबोट विभिन्न अंगों अथवा अंगभूत को जोड़ कर अंतिम उत्पाद बनाने में उपयोगी है।

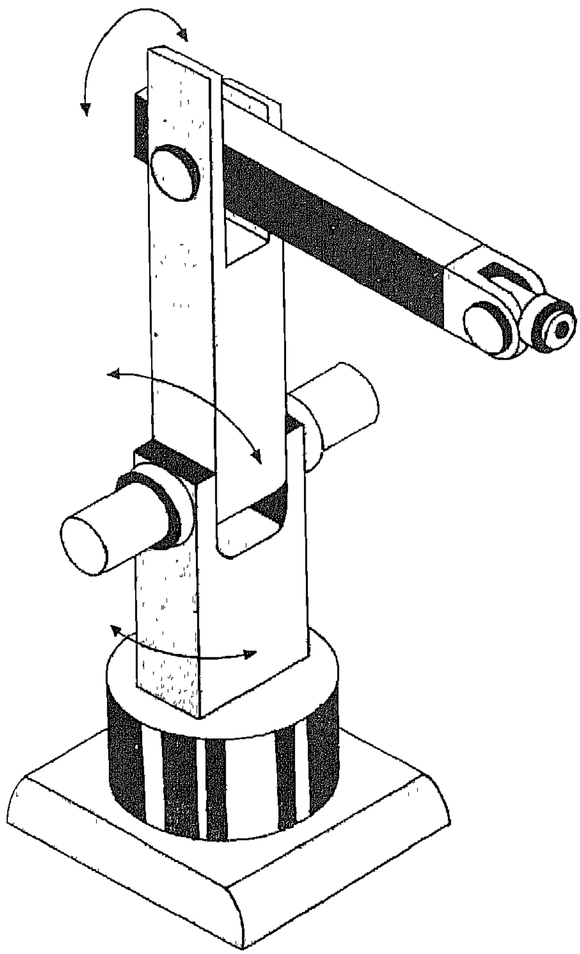
ऊर्ध्वाधर संधियुक्त रोबोट : अंतिम तीन घुमावदार जोड़ों के अलावा इसमें केवल तीन घूर्णनी जोड़ होते है (चित्र 12)। यह प्रकार हमारी बांह के समान होता है क्योंकि दोनों में केवल घूर्णनी जोड़ होते हैं। यह सर्वाधिक लोकप्रिय रोबोट है।



चित्र 11 : क्षैतिज सधियुक्त रोबोट परिचालक।

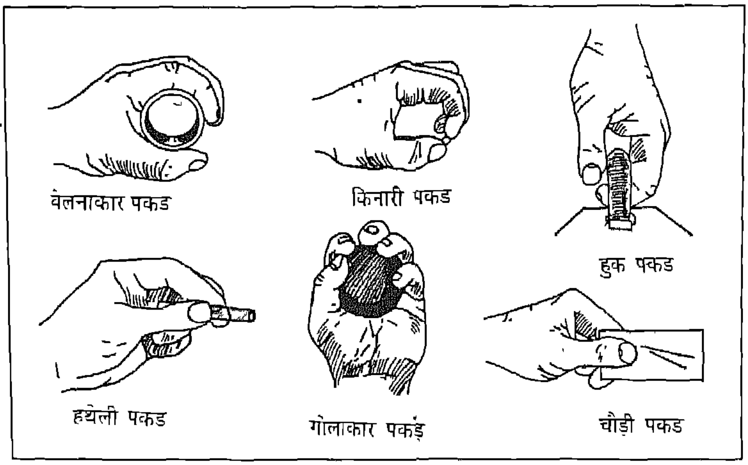
अवयव 2 : एंडइफेक्टर

हमारी बांह के अंतिम छोर पर हथेली तथा उंगलियां होती हैं, जिनके द्वारा हम वस्तुओं को पकड़कर एक जगह से दूसरी जगह स्थानांतरित कर सकते हैं। इसी तरह रोबोट का दूसरा अवयव एंडइफेक्टर है। परिचालक का आधार स्थिर होता है, जिसके दूसरे स्वच्छंद सिरे पर एंडइफेक्टर लगा होता है। एंडइफेक्टर से आशा की जाती है कि वह भी मानव की तरह कौशल-पूर्ण कार्य करे। मानव की हथेली और उंगलियां नाजुक-से-नाजुक काम करने में समर्थ हैं और इनकी पकड़ अद्वितीय होती है। कुछ ऐसी पकड़ों को चित्र 13 में दर्शाया गया है। हम बेलनाकार वस्तुओं, जैसे—पाइप या पानी के गिलास को बेलनाकार पकड़ में पकड़ते हैं। आलपीन जैसी छोटी वस्तुओं को पकड़ने के लिए किनारी पकड़ की

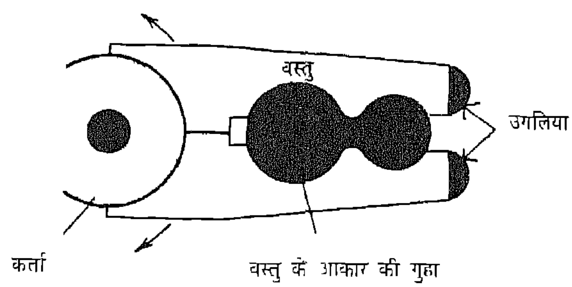


चित्र 12 : ऊर्ध्वाधर सधियुक्त रोबोट परिचालक।

जरूरत होती है। ब्रीफकेस या छोटे बक्से को ढोने के लिए हुक या स्नैप पकड़ का प्रयोग करते हैं। माचिस की तीली अथवा चाक को पकड़ने के लिए हम हथेली पकड़ का इस्तेमाल करते है। गोलाकार वस्तुओं, उदाहरणार्थ गेंद को पकड़ने के लिए गोलाकार पकड़ की जरूरत होती है। चौड़ी पकड़ से हम विजिटिंग कार्ड

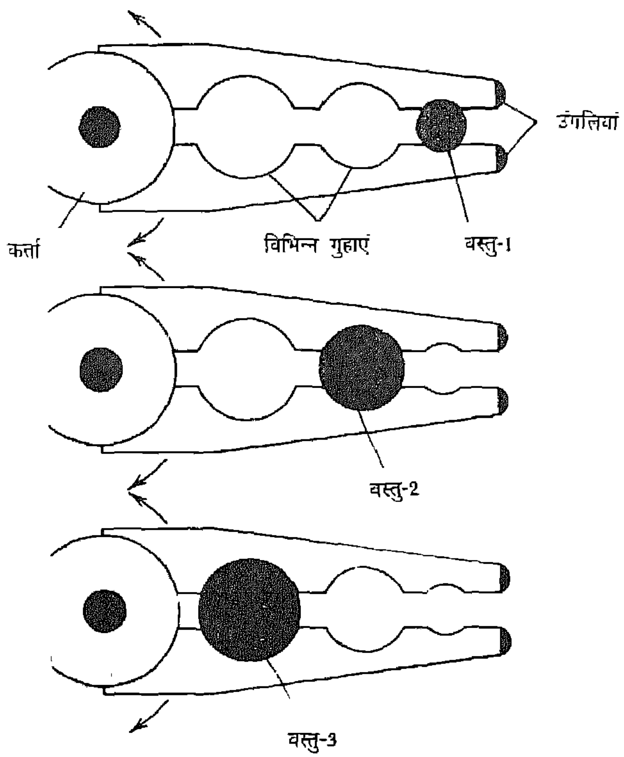


चित्र 13 हाथों की विभिन्न पकड़।



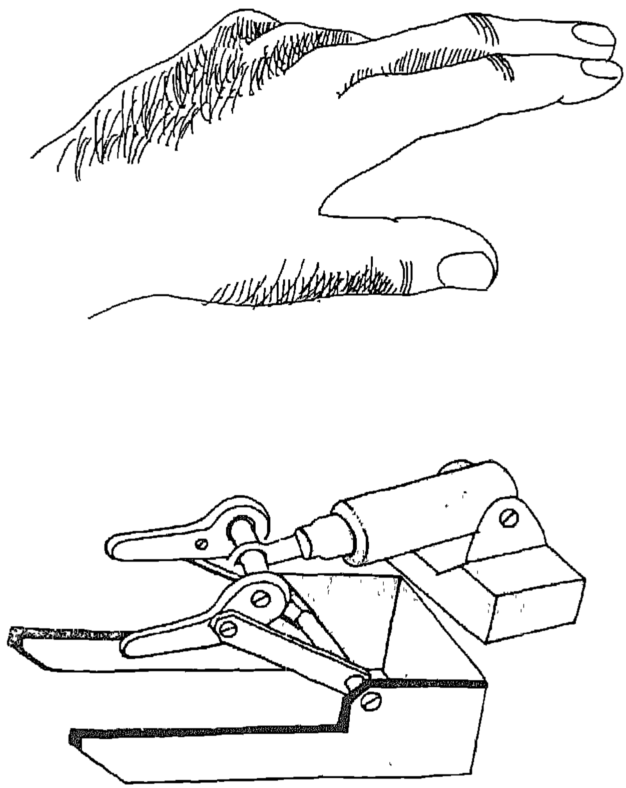
चित्र 14 : वस्तु की आकृति समान गुहा वाली उंगलियां।

जैसी वस्तुओं को पकड़ सकते हैं। वर्तमान तकनीकी ज्ञान के आधार पर भी अभी तक ऐसी कोई एक यांत्रिक प्रणाली नहीं बन पायी है, जो मनुष्य की हथेली और उंगलियों की विभिन्न प्रकार की परिष्कृत एवं भिन्नातिभिन्न पकड़ के समरूप हो। इसी कारण एंडइफेक्टर की परिकल्पना तथा बनावट की बात सोची गयी, जो विशिष्ट आवश्यकताओं को पूरा कर सके। इसीलिए, मांग के अनुसार भिन्न-भिन्न कार्यों को करने के लिए विभिन्न प्रकार के एंडइफेक्टर की परिकल्पना की



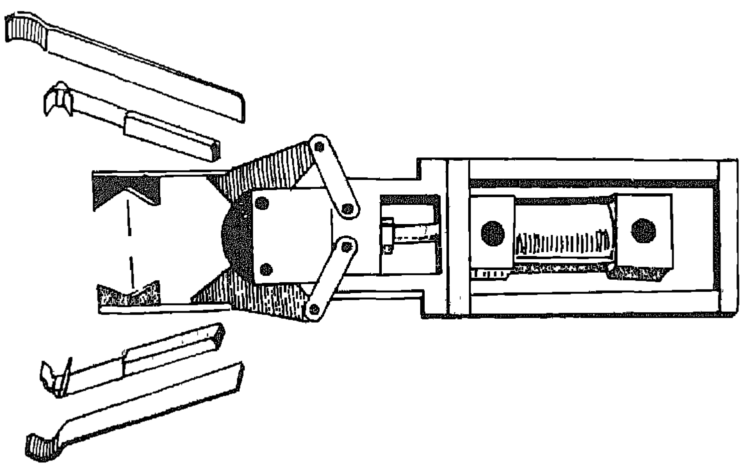
चित्र 15 : अनेक गुहाओ वाली उंगलियां।

गयी और, इसीलिए अनेक प्रकार के एंडइफेक्टर बनाए गए। चित्र 14 में ऐसे ही एक एंडइफेक्टर को दर्शाया गया है, जो मानव उंगली से मिलता-जुलता है, तथा वस्तु के आकार की गुहा में वस्तु को अच्छी तरह पकड़ने में पूरी तरह सक्षम है। चित्र 15 में एक अन्य उंगली के आकार के दूसरे एंडइफेक्टर को दिखाया गया है, जिसमें विभिन्न आकार की वस्तुओं के लिए गुहाएं हैं। इस प्रकार के एंडइफेक्टर के प्रयोग से विभिन्न आकार की वस्तुओं को विभिन्न स्थितियों में



चित्र 16 (अ) : मनुष्य की तीन उंगलियों वाली पकड़। (ब) टर्बाइन-बलेडो के लिए परिवर्तनशील पकड़।

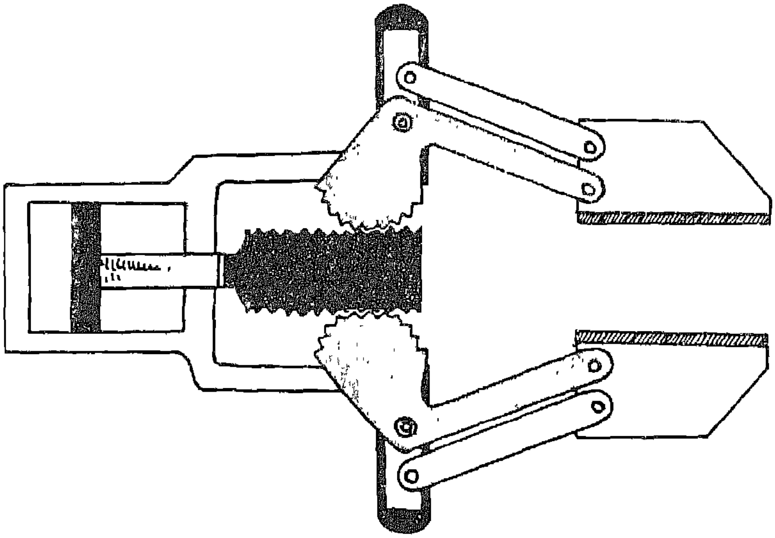
कस कर पकड़ा जा सकता है। मानव की तीन उंगलियों की पकड़ से प्रेरित, जैसा कि चित्र 16 अ में दिखाया गया है, लचीली पकड़ बनाई जा सकती है, जिससे टर्बाइन ब्लेड जैसी वस्तुएं पकड़ी जा सकें। ऐसे एंडइफेक्टर को चित्र 16 ब में दिखाया गया है। हम भिन्न प्रकार के अलग से जोड़ी जाने वाली पकड़ बना सकते हैं (चित्र 17)। ऐसी विभिन्न प्रकार की पकड़ उंगली की नोक के समकक्ष होती हैं। एक पकड़ (ग्रिपर) को हटाकर दूसरी तरफ की पकड़ को



चित्र 17 : दो उंगलियों वाली परिवर्तनशील पोरयुक्त पकड़।

आवश्यकतानुसार वहां लगाया जा सकता है, ताकि हर तरह की वस्तु पकड़ में आ सके। जब पकड़ी जाने वाली वस्तु के किनारे समानांतर तथा चौड़े होते हैं, तब उसे हम समानांतर ज़बड़े वाली पकड़ से (चित्र 18) उठा सकते हैं।

चित्र 17 में दर्शाए गये एंडइफेक्टर में अनेकानेक जोड़े तथा हटाए जाने वाले पकड़ों का समावेश है। यदि नये कार्य के लिए तथा नयी पकड़ की जरूरत है तो उसे वर्तमान पकड़ को हटाकर तथा नयी पकड़ को जोड़कर बनाया जा सकता है। इसमें समय लगता है। अगर परिचालक के छोर पर भिन्न प्रकार की



चित्र 18 : रैक एवं पिनियनयुक्त समानांतर जबडा पकड़।

पकड़ को स्थायी रूप से लगा दिया जाये तो एंडइफेक्टर की प्रणाली पकड़ को बदलने के समय में निश्चित रूप से कटौती कर देगी।

ऐसा एंडइफेक्टर एक स्प्रे पेंटिंग गन प्रणाली अथवा वेल्डिंग गन हो सकता है। यह एक विद्युत चुंबकीय पकड़ युक्ति अथवा वायुचूषक यंत्र भी हो सकता है। इस तरह एंडइफेक्टर विशेष कार्यो के अनुसार कई आकार के बन सकते है। विभिन्न प्रकार के एंडइफेक्टर बनाने के लिए अभिकल्पक अपनी प्रतिभा तथा कल्पना का प्रयोग कर सकते हैं।

अवयव 3 : गमन प्रणाली

मानव को हाथ-पांव तथा उंगलियों को चलाने के लिए मांसपेशियां शक्ति प्रदान करती हैं। मांसपेशियों के फैलने तथा सिकुड़ने से आवश्यक शक्ति की उत्पत्ति होती है। रोबोट में गति प्रदान करने के लिए यह शक्ति मोटर से दी जाती है। मोटर को ऊर्जा पेट्रोल एवं हवा के मिश्रण के जलाने से मिलती है। बिजली के पंखे की मोटर को विद्युत ऊर्जा चलाती है। पनबिजली के लिए जेनरेटर को

टर्बाइन से चलाते हैं, जो स्वतः उच्च दाब पर प्रेषित पानी से चलता है। पवन चक्की को यही ऊर्जा वायु से प्राप्त होती है।

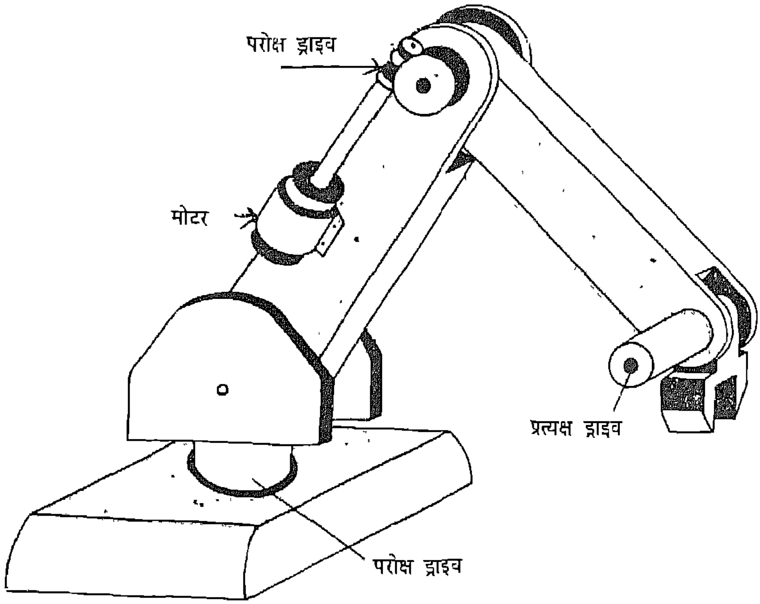
रोबोट को गतिशील बनाने के लिए प्रयुक्त मोटरों में तीन तरह की ऊर्जा का प्रयोग होता है–विद्युत ऊर्जा, द्रव ऊर्जा एवं पवन ऊर्जा। बिजली की मोटर विद्युत ऊर्जा से चलती है। द्रवीय मोटर में मुख्य रूप से संपीड़ित तेल का प्रयोग किया जाता है जबकि वायुसंचालित मोटर को दाबित वायु से ऊर्जा प्रदान की जाती है।

मानव बांह के सभी जोड़ घूर्णनी होते हैं, रोबोट के जोड़ रैखिक अथवा घूर्णनी हो सकते हैं। विद्युतीय मोटर घूर्णन गति देती है। आवश्यकता होने पर 'लीड स्क्रू' यांत्रिक प्रणाली से हम घूर्णन गति को रैखिक गति में बदल सकते हैं। जब स्क्रू का सिरा घुमाया जाता है (अर्थात् जब घूर्णन गति दी जाती है) तब स्क्रू के ऊपरी किनारे को रैखिक गति मिलती है।

मोटर के चलने की गति (आर एम पी) प्रायः अधिक होती है, जिसे गियर ट्रेन के सहयोग से कम किया जा सकता है।

गति देने वाली प्रणाली को हम चालक युक्तियां भी कहते हैं। इन्हें इनमें प्रयुक्त ऊर्जा के आधार पर वर्गीकृत करते हैं। इसलिए हमारे पास तीन प्रकार की चालक इकाइयां होती हैं–विद्युतचालित, द्रवचालित और वायुचालित। विद्युत चालक घूर्णन गति देते हैं जिसे जरूरत पड़ने पर रैखिक गति में बदला जा सकता है। द्रव अथवा वायु चालक घूर्णन या रैखिक दोनों तरह की गति देते हैं। जब द्रवचालित चालक घूर्णन गतिं देते हैं तब इसे हम द्रवचालित मोटर कहते हैं। लेकिन जब वे रैखिक गति देते हैं तब उसे हम हाइड्रॉलिक सिलिंडर के नाम से जानते हैं। इसी प्रकार घूर्णन गति अथवा रैखिक गति के आधार पर हम उन्हें वायुचालित मोटर और वायुचालित सिलिंडर के नाम की संज्ञा देते हैं।

चालक इकाइयां जोड़ो के साथ संयोजित होती हैं। हरेक चालक इकाई अपने जोड़ को घुमाती है जिससे वह मुक्त रूप से जुड़ी होती है। विभिन्न जोड़ों की संयोजित गति और कड़ियां मिलकर रोबोट परिचालक को गतिशील बनाती हैं। चालक इकाई जिस जोड़ पर घूमती है, उससे वह दो तरीकों से जुड़ी होती है। चालक इकाई सीधे ही कड़ी शाफ्ट से जुड़ी हो सकती है। इस स्थिति में इसे हम डायरेक्ट ड्राइव यूनिट (मोटर) कह सकते हैं। इस प्रकार के जोड़ मोटर की गति से ही घूमते हैं। कई बार जोड़ को मोटर की गति से अलग विभिन्न



चित्र 19 . रोबोट में प्रत्यक्ष एवं परोक्ष ड्राइव प्रणाली हो सकती है।

गति से घुमाना होता है। इस स्थिति में, मोटर को जोड़ से परोक्ष रूप से जोड़ना पड़ता है। अब यह इनडायरेक्ट ड्राइव यूनिट (मोटर) के नाम से जानी जाती है। मोटर की गति को लंबी भुजाओं, चेन, बेल्ट और गियर द्वारा जोड़ों पर स्थानांतरित किया जाता है। चित्र 19 में एक सामान्य रोबोट में प्रयुक्त प्रत्यक्ष तथा परोक्ष ड्राइव को दिखाया गया है।

अवयव 4 : नियंत्रक

हमारे हाथ हमारे दिमाग से संचालित होते हैं। रोबोट में भी एक ऐसा अंग है, जो मानव मस्तिष्क के समान काम करता है। विशेष रूप से आंकिक कंप्यूटर की तुलना हमारे दिमाग से की जा सकती है क्योंकि कंप्यूटर में मनुष्य के दिमाग के सदृश ही पांच तरह से कार्य करने की क्षमता है।

1. कंप्यूटर पढ़ने की क्षमता रखता है। दूसरे शब्दों में कंप्यूटर सूचनाओं को समझ सकता है। सूचनाएं कंप्यूटर में एक कोड के रूप में अंकित की जाती हैं, जिन्हें वह समझ लेता है।
2. कंप्यूटर लिख सकता है। अर्थात् यह सूचनाओं को प्रेषित भी कर सकता है।
3. कंप्यूटर में स्मरण-शक्ति है। यह सूचनाओं को अपने अंदर बिना किसी त्रुटि के बहुत दिनों तक (अंक, अक्षर और विशिष्ट संदेश) भंडारित कर सकता है, जिसे जरूरत होने पर प्राप्त किया जा सकता है। ऐसे कार्यों में कंप्यूटर को क्षणमात्र का समय लगता है।
4. कंप्यूटर गणना कर सकता है। यह गणित के जोड़, घटाव, गुणा और भाग कर सकता है। दो संख्याओं का जोड़ यह क्षणमात्र में बता देता है।
5. कंप्यूटर तर्कपूर्ण निर्णय ले सकता है।

चूंकि रोबोट मानव मस्तिष्क की भांति उपरोक्त पांच गुणों से युक्त है, यह रोबोट के चौथे अवयव (अंगभूत) नियंत्रक के रूप में करता है।

आंकिक कंप्यूटर (दोनों हार्डवेयर तथा साफ्टवेयर) रोबोट के नियंत्रक हैं। इस नियंत्रक के निर्देश पर रोबोट दिए गये कार्य कर सकता है।

नियंत्रक 'परिचालक' तथा 'एंडइफेक्टर' को निर्देशित और नियंत्रित करता है। दूसरे शब्दों में, नियंत्रक मोटर को नियंत्रित करता है, जिसे जोड़ तथा कड़ी चलाती हैं।

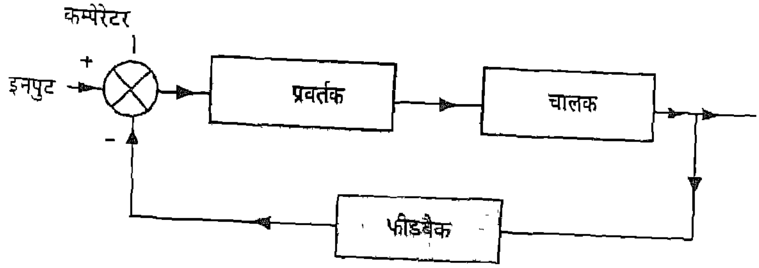
मान लिया जाए कि एक चीज एक जगह पर रखी हुई है और रोबोट को उसे उस स्थान से उठाकर दूसरे किसी स्थान पर रखना है। उस चीज का स्थान भी ज्ञात है। इस सूचना पर, कंप्यूटर नियंत्रक यह हिसाब लगाता है कि हरेक जोड़ को कितना घुमाना है, जिससे एंडइफेक्टर उस वस्तु के स्थान तक पहुंच सके। इस बात का हिसाब लगाने के पश्चात नियंत्रक हरेक मोटर को आवश्यकतानुसार संदेश भेजता है ताकि संदेश के मुताबिक हरेक जोड़ उतना ही घूमे, जिससे एंडइफेक्टर वस्तु के स्थान तक पहुंच जाये। उस निश्चित स्थान पर एंडइफेक्टर को पहुंचाने के उपरांत कंप्यूटर यह सूचना भेजता है कि वह उस वस्तु को भली-भांति पकड़ ले। तत्पश्चात् नियंत्रक विभिन्न संयोजित मोटरों को

यह आदेश देता है कि वे जोड़ों को उतना ही घूर्णित करें जिससे एंडइफेक्टर वस्तु को अंतिम निर्णित स्थान पर ले जाये। अंतिम रूप से नियंत्रक (कंप्यूटर) एंडइफेक्टर को यह आदेश देता है कि वह उस वस्तु को नियत स्थान पर रखकर छोड़ दे।

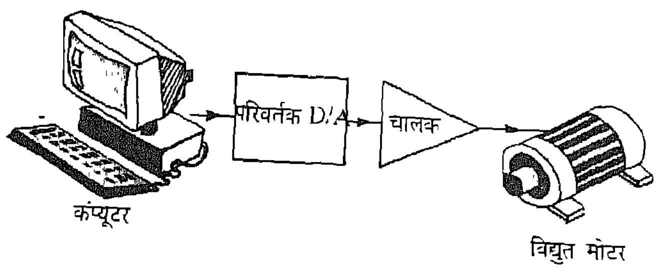
जोड़ों को पूर्णरूपेण तथा सुरक्षित रूप से तभी नियंत्रित किया जा सकता है जबकि प्रणाली तथा परिवेश की पूर्व जानकारी हो। हालांकि बहुत बार प्रणाली तथा परिवेश किसी अज्ञात तथा असंभावित गड़बड़ियों के कारण पहले से ज्ञात नहीं हो पाता है।

अज्ञात एवं असंभावित त्रुटियों से 'फीडबैक नियंत्रण प्रणाली' द्वारा छुटकारा मिल सकता है। यहां सबसे पहले प्रवर्तक मोटर से जाते बाह्य संदेश को मापकर उसकी तुलना निर्देश संदेश से की जाती है और दोनों का अंतर 'एरर सिग्नल' को प्रवर्धित कर मोटर को दिया जाता है। मोटर द्वारा संचालित जोड़ तब तक गतिशील रहेगा जब तक 'एरर सिग्नल' शून्य नहीं हो जाता है। इस विधि से असंभावित तथा अज्ञात गड़बड़ियों पर पूर्णतः नियंत्रण रखा जा सकता है। चित्र 20 में ऐसी ही एक क्लोज्ड लूप (फीडबैक) प्रणाली को दिखाया गया है।

यह कितनी दिलचस्प बात है कि कंप्यूटर यह हिसाब लगाता है कि विशेष परिस्थिति में जोड़ को कितना घुमाना है और यह मोटर को उतना ही संदेश भेजता है जितना कि जोड़ को घुमाने के लिए चाहिए। कंप्यूटर द्वारा उत्पन्न संदेश में क्षीण शक्ति होती है। परंतु मोटर को चलाने के लिए अधिक शक्ति की जरूरत होती है। चूंकि कंप्यूटर स्वयं इतनी शक्ति पैदा करने में असमर्थ होता है, इसके लिए कंप्यूटर द्वारा उत्पन्न संदेश को प्रवर्द्धित करने के लिए 'इलैक्ट्रानिक पावर एंपलीफायर (इलेक्ट्रानिक ड्राइवर सर्किट) को प्रयोग में लाते हैं। इसके अतिरिक्त, कंप्यूटर द्वारा प्रेषित संदेश एक आंकिक संदेश होता है। अधिकतर मोटरों को अनुरूप संकेत चाहिए। इसलिए, चालक मोटर और कंप्यूटर में ताल-मेल के लिए 'डिजीटल-टू-एनालॉग कनवर्टर' (D/A कनवर्टर) का प्रयोग करते हैं। चित्र 21 में मोटर को चलाने के लिए प्रयोग की जाने वाली व्यवस्था को दर्शाया गया है। द्रव एवं वायुचालित चालक प्रणालियों में भी 'डिजीटल-टू-एनालॉग कनवर्टर' तथा 'ड्राइवर सर्किट' का प्रयोग होता है। इन प्रणालियों में इतनी भिन्नता होती है कि विद्युत यूनिट केवल कपाट को खोलते हैं (चित्र 22) जबकि प्रवर्तक को चलाने वाली ऊर्जा एक बाह्य युक्ति जैसे कि वायुपंप या तेलपंप से दी जाती है।

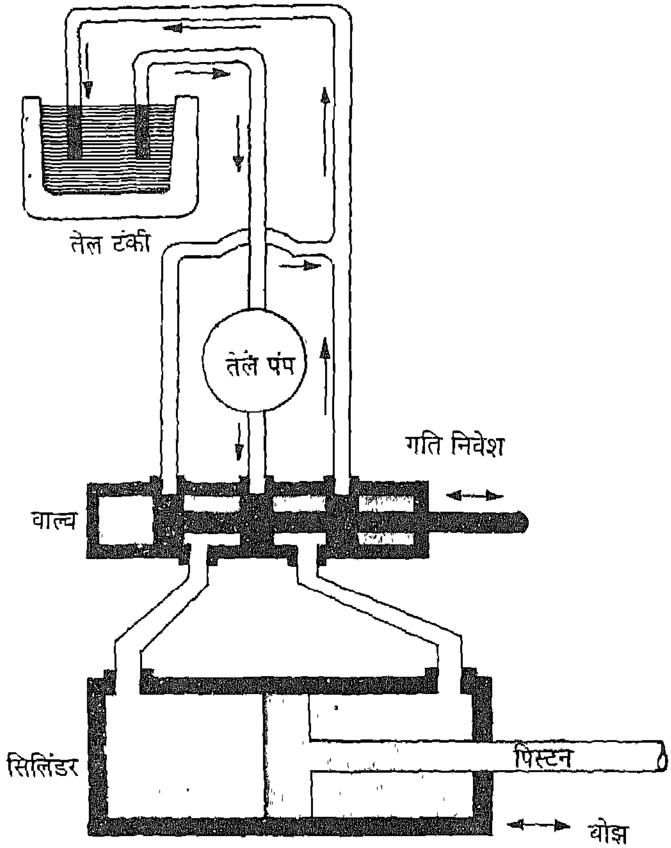


चित्र 20 : फीडबैक प्रणाली।



चित्र 21 : कंप्यूटर विद्युतीय मोटर को डी-टू-ए (D/A) परिवर्तक तथा चालक प्रणाली से नियंत्रित करता है।

यद्यपि सभी कामों के लिए आंकिक कंप्यूटर का विकास द्वितीय विश्वयुद्ध के बाद शुरू हो गया था, कंप्यूटर युक्त रोबोट केवल 1980 के बाद सफल हुए। इसका मुख्य कारण था कि आरंभिक कंप्यूटर काफी बड़े तथा महंगे हुआ करते थे। इन कंप्यूटरों में निर्वात नलिकाओं का प्रयोग होता था, जो आकार में 7 से 10 से.मी. ऊंची तथा लगभग 5—8 से.मी. व्यास की होती थीं। इन हजारों निर्वात नलिकाओं के योग से आंकिक कंप्यूटर का आकार विशाल हो जाता था, जिसे रखने के लिए बहुत बड़े कमरे की जरूरत होती थी। इसके अलावा, इन निर्वात नलिकाओं से तीव्र उष्मा निकलती थी जिससे कंप्यूटर को प्रशीतक यंत्र की जरूरत पड़ती थी। इलैक्ट्रॉनिकी विकास के साथ निर्वात नलिकाओं की जगह ट्रांजिंस्टरों ने ले ली। इससे कंप्यूटर का आकार कुछ छोटा हुआ। ट्रांजिस्टर



चित्र 22 : समपार्श्वीय द्रवीय ड्राइव यूनिट।

आकार में निर्वात नलिकाओं के सौवें हिस्से के बराबर होते हैं लेकिन यह निर्वात नलिकाओं के सारे काम कर सकते हैं। सूक्ष्मइलैक्ट्रानिकी के विकास से अब हमारे पास ऐसी सूक्ष्मइलैक्ट्रानिक युक्तियां हैं, जो ट्रांजिस्टर के सारे काम कर सकती हैं और ये आकार में इतनी छोटी होती हैं कि 50,000 सूक्ष्मइलैक्ट्रानिक युक्तियां एक निर्वात नलिका की जगह में समा सकती हैं। ट्रांजिस्टर से निर्वात-नलिका की तुलना में कम उष्मा निकलती है। एक सूक्ष्मइलैक्ट्रानिकी युक्ति से नहीं के

बराबर उष्मा पैदा होती है। आकार में एक सूक्ष्मइलैक्ट्रानिकी सर्किट चावल के दाने से भी छोटा होता है।

सूक्ष्मइलैक्ट्रानिकी के विकास ने हमें माइक्रोकंप्यूटर दिए हैं जो आकार में बहुत छोटे होते हैं तथा सस्ते भी होते हैं। इस कारण ऐसे अनेकानेक माइक्रो कंप्यूटर रोबोट के नियंत्रक के रूप में प्रयोग किए जा सकते हैं। इसनें नियंत्रण के तरीकों में क्रांति ला दी है।

वर्तमान तकनीकी में अभी तक एक माइक्रोकंप्यूटर एक जोड़ को नियंत्रित करता है और एक पूरा कंप्यूटर सारे परिचालकों को नियंत्रित रखने के उपरांत बाह्य संदेशों से संपर्क रखता है। जब अनेकानेक कंप्यूटर उपलब्ध होते हैं तब समानांतर प्रणाली का प्रयोग किया जा सकता है, तथा गति के समीकरण को सुलझाने की जटिलताएं क्षणभर में सुलझाई जा सकती हैं। इस प्रकार विभिन्न जोड़ों तथा एंडइफेक्टर की गति को नियंत्रित करना आसान हो जाता है। एक भरा-पूरा कंप्यूटर ऐसा निरीक्षक कंप्यूटर होता है जो प्रत्येक माइक्रोकंप्यूटर के बीच के क्रियाकलापों को बनाए रखकर सबका निरीक्षण करता रहता है।

अवयव 5 : संवेदक

मानव मस्तिष्क स्वतः बुद्धिमत्तापूर्ण कार्य करने में असमर्थ है। यह मानव शरीर में पांच ज्ञानेंद्रियों से संभव होता है। यह सारी ज्ञानेंद्रियां मस्तिष्क को उपयोगी संदेश भेजती हैं, एवं मस्तिष्क उसे अपने तरीके से समझता रहता है। जब तक ज्ञानेंद्रियों के द्वारा उसे संदेश नही मिलेगा, मस्तिष्क बुद्धिविहीन रहेगा। अब यह बात स्पष्ट हो जाती है कि जब तक रोबोट में मनुष्य की ज्ञानेंद्रियों के समतुल्य संवेदक नहीं लगाए जायेंगे, रोबोट का कंप्यूटर भी सही कार्य करने में असमर्थ है। इस तरह पांचवां और रोबोट का सबसे मुख्य अवयव संवेदकों का एक समूह होता है। सवेदक एक ऐसा मापक उपकरण है जो स्थान, गति, बल, ताप, घूर्ण, समीपता आदि को माप सकता है।

दक्षतापूर्ण कार्य करने के लिए रोबोट को मनुष्य की भांति ही स्वयं की स्थिति तथा पास के परिवेश का यथार्थ ज्ञान परमावश्यक है। उदाहरणार्थ, रोबोट निर्दिष्ट वस्तु को चुनने में समर्थ होना चाहिए और उसे इसका भी ज्ञान होना

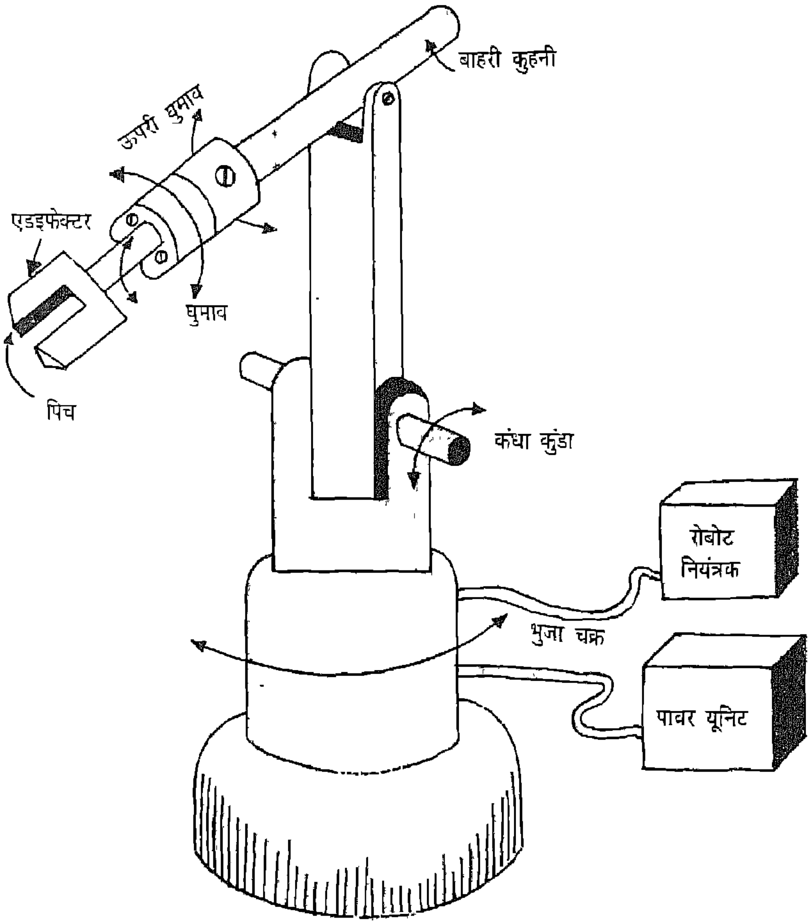
चाहिए कि निर्दिष्ट वस्तु को चुन लिया गया है। जब परिचालक (एंडइफेक्टर द्वारा वस्तु को उठाने के बाद) गतिशील हो, तब हमें ध्यान रखना चाहिए कि वस्तु छूट न जाये, रास्ते की अन्य बाधाओं से वह टकरा न जाये एवं यह नियंत्रित गति से ही निर्दिष्ट वस्तु तक पहुंचे ताकि टकराव से बचा जा सके। रोबोट में इतनी बुद्धि होनी चाहिए कि वह विशिष्ट वस्तु के मुख्य गुणों तथा परिवेश से पूर्ण परिचित हो तथा दो समान वस्तुओं की मामूली सी विभिन्नता को परखकर सही वस्तु की पहचान कर सके। संवेदक के द्वारा रोबोट को इन बातों का ज्ञान होता है। संवेदक आवश्यक आंकड़ों को जांचता है तथा जांचे गये आंकड़ों को कंप्यूटर को दे देता है। तब कंप्यूटर अपने तौर पर उन आंकड़ों को संसाधित करता है और समझता है और तब परिचालक और एंडइफेक्टर को अर्थपूर्ण और प्रभावी ढंग में नियंत्रित करने में, नियंत्रक को सक्षम बनाता है। कंप्यूटर दृष्टि (आवश्यक डाटा प्रोसेसिंग प्रोग्राम के साथ कंप्यूटर तथा टी. वी. कैमरा) ने वर्तमान रोबोटों की क्षमताओं को बढ़ा दिया है। टी. वी. कैमरा समस्त दृश्य को देखकर अपने अंदर उतार लेता है, दृश्य संदेश को अंकीकृत संदेश में बदलकर कंप्यूटर को भेज देता है। कंप्यूटर इस संदेश को संसाधित कर रोबोट को बता देता है कि कैमरे ने क्या देखा। कंप्यूटर दृष्टि रोबोट को वस्तुओं और आसपास देखने और समझने में सक्षम बनाती है जिससे रोबोट आवश्यकतानुसार अपनी क्रियाओं को बदलकर जटिल कामों को भी कर सकता है।

रोबोट प्रणाली

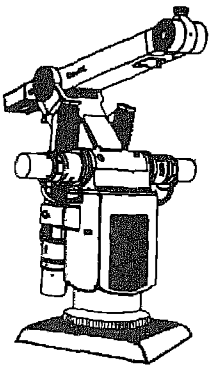
रोबोट प्रणाली, रोबोट के पांच अवयवों के बीच सही सामंजस्य स्थापित करती हुई ऐसी व्यवस्था है, जिससे अवयव रोबोट के प्रभावी एवं दक्षतापूर्ण कार्य के लिए समन्वित ढंग से काम करते हैं।

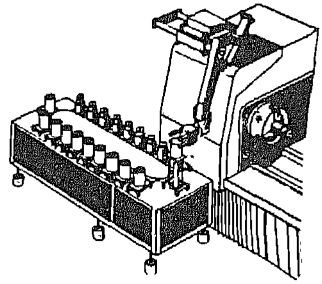
चित्र 23 में मिनी कंप्यूटर युक्त नियंत्रक वाला औद्योगिक रोबोट दिखाया गया है। इस चित्र में एंड इफेक्टर नहीं दर्शाया गया है जिसे परिचालक के मुक्त छोर पर जोड़ना है। गति देने वाला उपकरण भी बाहर दिखाई नहीं दे रहा है। उद्योगों में एक सामान्य प्रकार के कार्यों के लिए किसी संवेदक की जरूरत नही पड़ती है।

चित्र 24 में चार तरह के औद्योगिक रोबोटों को दर्शाया गया है।



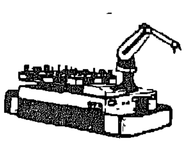
चित्र 23 : औद्योगिक रोबोट प्रणाली।



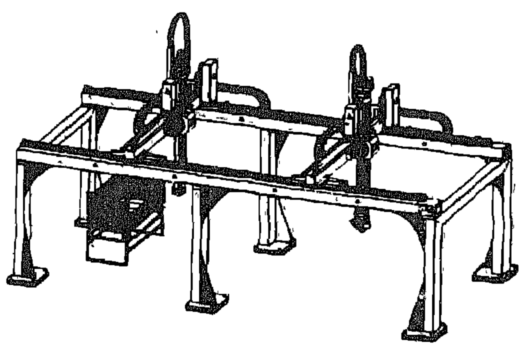


दीवारगीर स्थापन-स्थिर

समतलीय (एक ही जगह स्थिर) स्थापन



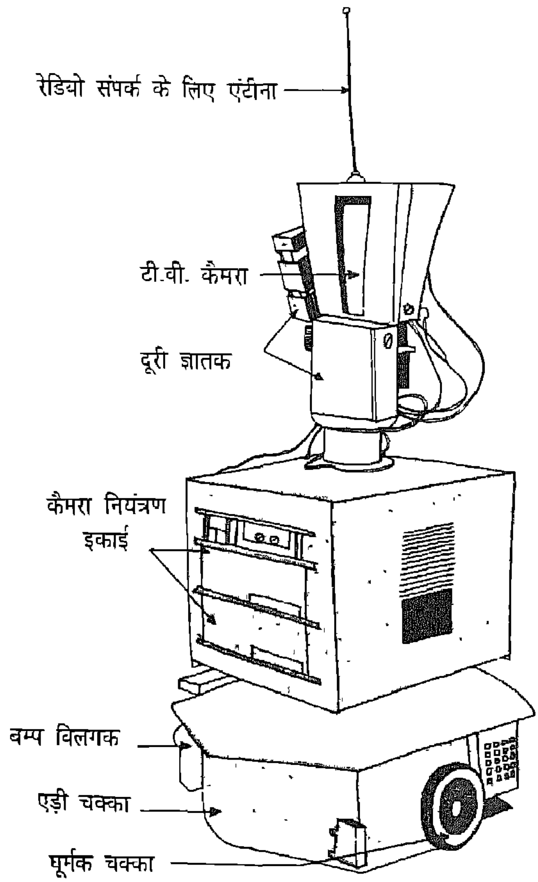
गतिमान रोबोट



सोपानी स्थापन

चित्र 24 : चार प्रकार से स्थापित औद्योगिक रोबोट (हैंडबुक आफ-इंडस्ट्रियल रोबोटिक्स संपा. शिमॅन वाई नाफ, © 1985, जॉन वाइली एंड संस के सौजन्य से)।

चित्र 25 में कुछ संवेदकों के साथ एक चलता-फिरता रोबोट दिखाया गया है। 'बम्प-डिटेक्टर' गतिमान रोबोट को ऊबड़-खाबड़ सतह पर नियंत्रित गति से



चित्र 25 : कुछ संवेदकों युक्त गतिमान रोबोट।

चलने में समक्ष बनाता है। टेलीविजन कैमरा रोबोट को दृष्टि प्रदान करता है।

'कैमरा कंट्रोल यूनिट' दृष्टि दिशा को नियंत्रित करता है। दूरी मापी रोबोट को रास्ते में अड़चन तथा बिना टकराव के निर्दिष्ट स्थान तक पहुंचने की जानकारी देता है। 'एंटीना' तथा 'रेडियो लिंक' के माध्यम से रोबोट को दूर से ही रेडियो संदेश के द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है ताकि रोबोट ऐसी मुसीबतों से बच सके।

3

यंत्रमानव के उपयोग

यंत्रमानव क्यों लोकप्रिय है ?

यत्रमानव अथवा रोबोट उद्योग तथा अन्य क्षेत्रों में मुख्य तीन गुणों के कारण अधिक लोकप्रिय हुआ है। यंत्रमानव थकता नहीं है; यंत्रमानव बिलकुल ठीक से काम करता है; यंत्रमानव बिना प्रतिरोध कार्य करता है। आदमी कुछ देर तक लगातार काम करने के बाद थक जाता है। संवेदक जैसे मापक यंत्रों की सहायता से यंत्रमानव सही सामान बना सकते हैं; जबकि आदमी अंदाज लगाता है जिसमें गलती की संभावना रहती है। यंत्रमानव ईमानदारी के साथ आदेश का पालन करता है; जबकि आदमी कभी-कभी विरोध करता है और प्रायः प्रश्नों की बौछार लगा देता है। जैसे कि "मैं यह काम क्यों करूं ? यह काम किसी और को क्यों नहीं दिया जाना चाहिए ? केवल मैं ही यह काम क्यों करूं ? मुझे दूसरा काम क्यों नहीं दिया जाता ?"

उद्योग में यंत्रमानव अर्थात रोबोट के उपयोग

उद्योग धंधों में काम को मुख्य रूप से चार भागों में बांटा जा सकता है। रोबोट इन सभी कार्यों में लाभदायक हो सकता है। रोबोट का वर्गीकरण उनके कार्यो के अनुरूप किया जा सकता है।

उठाने तथा रखने की क्रिया

औद्योगिक संस्थानों में कई ऐसे काम हैं जिसमें एक सामान को एक जगह से

उठाकर दूसरी नियत जगह पर रखना होता है। ऐसे रोबोट जो उपरोक्त कार्य में दक्ष हैं 'पिक-एंड-प्लेस' रोबोट के नाम से जाने जाते हैं। मशीन में भार लादने या उससे उतारने, छोटी-मोटी, गोली-गोले बनाने, चट्टे लगाने, सामान ढोने जैसे कार्यों में 'पिक-एंड-प्लेस' रोबोट का प्रयोग होता है।

बिंदुगत कार्य

पिक-एंड-प्लेस क्रिया में रोबोट से अपेक्षा की जाती है कि वह एक जगह से सामान उठाए और दूसरी निश्चित जगह पर उसे रख दे। जब क्रिया दोहराई जाती है, तब प्रारंभिक तथा अंतिम स्थान भिन्न हो सकता है। ऐसी क्रियाएं भी होती हैं जिसमें अनेकानेक कार्यस्थल होते हैं। उदाहरणार्थ, हम प्रिंटेड सर्किट बोर्ड के छेद (ड्रिलिंग) करने की क्रिया ले सकते हैं। प्रिंटेड सर्किट बोर्ड के अंदर अनेकानेक छेद, अनेक निश्चित जगहों पर सावधानी से करने होते हैं। हाथों से किए जाने पर गलती की संभावना अधिक रहती है। रोबोट का प्रयोग यहां वरदान सिद्ध होगा जो सतर्कता से यह काम कर सकता है। ऐसे काम करने वाले रोबोट को हम 'प्वाइंड-टू-प्वाइंट' रोबोट कहते हैं। इस रोबोट का उपयोग स्पाट वेल्डिग, चिपकाने, ड्रिलिंग और अन्य समान कार्यो में किया जाता है।

पहली दो प्रकार की क्रियाओं 'पिक एंड प्लेस' तथा 'प्वाइंट-टू-प्वाइंट' में रोबोट को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक सही-सही पहुंचना अत्यावश्यक है। दो बिंदुओं के बीच की तय की गई दूरी अथवा इस दौरान एंडइफेक्टर की गति महत्वहीन है। कारण इन दो बिंदुओं के बीच उसे कोई कार्य नहीं करना होता है। परंतु उद्योग-धंधों में ऐसी अनेक क्रियाएं होती हैं जिसमें बीच का रास्ता तथा एंडइफेक्टर की इस दौरान गति महत्वपूर्ण है। ऐसी परिस्थिति में हमें लगातार पथ क्रिया (कंटीन्यूअस पाथ ऑपरेशन) की जरूरत पड़ती है।

सतत पथ क्रिया

उदाहरण के लिए हम एक कमरे की रंगाई का काम लेते हैं। दीवार पर रंगाई का काम लगातार एक छोर से दूसरे छोर तक नहीं करना होता है। दरवाजे तथा

खिड़कियां छोड़ दी जाती हैं। अगर हम मान लें कि रोबोट को सीधी रेखा में दीवार को रंगना है तथा दीवार को एक निश्चित मात्रा से निश्चित समय में ही रंगना है ताकि रंग की एक सी परत दीवार पर चढ़े तब रोबोट को एक स्थिर गति से कार्य करना होगा। इसे हम 'कटीन्यूअस पाथ रोबोट' की संज्ञा देते हैं। इस रोबोट का प्रयोग रंगाई, सीम वेल्डिग, कटाई, जांच अनेक कार्यों में होता है।

हाथों से स्प्रे-पेंटिंग करते समय रग की विषाक्त गैस से बचने के लिए मनुष्य को मुंह पर मास्क तथा सारे शरीर को ढंकना पड़ता है। मनुष्यों को ऐसे वातावरण में काम करने की आवश्यकता होती है, जहां वायु हो। जब हवा की उपस्थिति में पेंट का स्प्रे किया जाता है तो पेंट के नीचे हवा के बुलबुले बन जाते हैं। जब रंग की सतह रगड़ खाती है तब हवा के बुलबुले फट पड़ते हैं और ऐसी रंगीन परत मौसम के प्रभाव स्वरूप समय से पहले खराव हो जाती है। इस हानि से बचने के लिए हमें पूरी पुती हुई सतह पर रोलर चलाना पड़ता है। जब रोबोट स्प्रे-पेंटिंग करता है तव विषैले पेंट की असहनीय परिस्थितियों से मनुष्य को छुटकारा मिल जाता है। साथ ही वह वायुरहित बंद जगह पर भी कार्य कर सकता है। जब स्प्रे-पेटिंग हवाविहीन जगह पर हो रहा हो तो पेंट के अंदर हवा के बुलबुलों के फंसने का प्रश्न ही नहीं उठता। मोटर के अंदर किसी खुरदरी सतह की जांच में 'सतत पाथ रोबोट' का बड़ा योगदान है। मोटर की अंदरूनी सतह चिकनी और सपाट होनी चाहिए, ताकि मोटर के बक्से में बंद रोटर बिना रोक-टोक के चले।

इंजन में क्रैंक-शाफ्ट का आकार बेढंगा होता है। कास्टिंग के बाद क्रैंक शाफ्ट को चिकना बनाया जाता है। चिकना करने का काम इस रोवोट से लिया जा सकता है। इस कार्य के लिए क्रैंक शाफ्ट को घूमने वाली कन्वेयर वेल्ट पर रखा जाता है, कन्वेयर वेल्ट के ठीक ऊपर एक जगह टी. वी. कैमरा लटकता रहता है जो क्रैंक शाफ्ट की वस्तु स्थिति को पहचान कर एक रोवोट के द्वारा इसे मशीन पर चढ़वा देता है। जब क्रैंक शाफ्ट मशीन पर ठीक से बैठ जाता 'कंटीन्यूअस पाथ रोबोट' खुरदुरेपन को हटा देता है। इस क्रिया में सतह संपूर्ण तथा परिष्कृत रूप से साफ की जाती है। सतत पाथ रोबोट इस कार्य को दक्षता से करता है।

संकलन क्रिया

अंत में उद्योगों में एकत्रीकरण या संकलन क्रिया होती है। विभिन्न माप और आकार के कई छोटे-छोटे घटकों को सही ढंग से जोड़कर एक पूरा यूनिट बनता है। ऐसा रोबोट जो संकलन कर कार्य करता है 'संकलन' (एसेंबली) 'रोबोट' कहलाता है। यहां रोबोट अवयवों की वस्तुस्थिति की पहचान करने में, उसकी स्थिति ज्ञात करने और अभिविन्यास में सक्षम होना चाहिए जिससे सभी पुर्जों को परस्पर सही ढंग से जोड़ सके जिससे पूरी वस्तु बन जाये।

मानिए कि रोबोट को एक दंताकार पहिया बनाना है। टी. वी. कैमरा से रोबोट सभी घटकों के चित्र लेता है और उसकी तुलना रोबोट अपनी कंप्यूटर मेमोरी के अंदर पूर्व भंडारित दंताकार चक्री के चित्र से करता है। अगर अभी के चित्र तथा भंडारित चित्र में तालमेल बैठता है, तब रोबोट यह निर्णय लेता है कि सही घटक की पहचान हो गयी है; वरना यह दूसरे घटकों के चित्रों में तालमेल ढूंढ़ता है। यह क्रिया तब तक चलती रहती है, जब तक कि सही घटकों की पहचान नहीं हो जाती।

कभी-कभी किसी काम में दो हाथों की जरूरत पड़ जाती है। तब दो रोबोटों परिचालकों का प्रयोग किया जाता है। यद्यपि उस स्थिति में दोनों रोबोटों के बीच सही तालमेल अत्यावश्यक होता है।

उद्योगों में यंत्रमानव के प्रयोग के लाभ

वर्तमान समय में जापान और अमेरिका जैसे तकनीकी रूप से विकसित देशों में व्यावसायिक तथा औद्योगिक क्षेत्रों में यंत्रमानवों का प्रयोग 35 प्रतिशत प्रतिवर्ष के हिसाब से बढ़ रहा है। रोबोट के बढ़ते प्रयोग के कई कारण हैं।

यंत्रमानव से उत्पादन शुल्क घटता है

रोबोट अर्थात यंत्रमानव की देख-रेख पर होने वाला खर्च मनुष्य पर आने वाले औसत खर्चों से काफी कम होता है। अगर प्राप्त लाभ के दृष्टिगत देखें तो रोबोट पर सुरक्षा, क्षतिपूर्ति, छुट्टी, बीमारी भत्ता, दंत चिकित्सा, प्रसूति छुट्टी या सेवानिवृत्ति अनुदान जैसे खर्चों का बोझ वहन नहीं करना पड़ता है।

यंत्रमानव 98 प्रतिशत समय निर्दिष्ट कार्य में लगाता है (2 प्रतिशत समय इसकी देखभाल तथा रखरखाव पर खर्च हो जाता है)। दूसरे शब्दों में रोबोट प्रतिदिन करीब 24 घंटे, प्रति सप्ताह 7 दिन तथा प्रतिवर्ष 12 महीने के हिसाब से कार्यरत रहता है। एक आदमी केवल 8 घंटे शिफ्ट में काम करता है। आदमी को कॉफी, चाय, दोपहर का भोजन, रात्रि भोजन तथा स्वयं के कामों के वास्ते समय की जरूरत होती है। इस काम पर 10 से 20 प्रतिशत समय लगता है। इसके अतिरिक्त एक ही तरह के काम में आदमी उकता जाता है तथा उसका ध्यान भंग भी होता है। इसके विपरीत यंत्रमानव बिना थके काम करता है। रोबोट अपना लागत खर्च (बनावट, स्थापना, ट्रेनिंग तथा इसके सहयोगी उपकरणों, आदि पर आया खर्च) 12 महीनों में चुका देता है।

यंत्रमानव के प्रयोग से उत्पादकता बढ़ती है

ऐसे यंत्रमानव बनाए जा सकते हैं जो आदमी की तुलना में तेज काम करें। उदाहरणार्थ, एक रोबोट 75 से.मी. प्रतिमिनट के हिसाब से वेल्डिंग करता है, जबकि आदमी यह 25 से.मी. प्रति मिनट के हिसाब से करता है। दो स्प्रे-पेंटिंग करने वाले यंत्रमानव एक कार की अंदर-बाहर से दोहरी रंगाई 90 सैकेंड में कर लेते हैं और प्रतिदिन 20 घंटे के हिसाब से काम करते हैं। जबकि एक अच्छे से अच्छा स्प्रे पेंटर इस काम में 15 से 20 मिनट का समय लेता है। अधिक उत्पादकता का अर्थ निर्धारित समय में अधिक कार्य का निपटान होता है।

यंत्रमानव बेहतर उत्पादन गुणवत्ता प्रदान करता है

यंत्रमानव अधिक परिशुद्धता से काम करता है। इसका दूसरा फायदा है कि यह जल्दी काम करता है। वेल्डिंग के ऐसे कई कार्य हैं जहां अगर जल्दी यह कार्य न किया जाए तो वस्तु वेल्डिंग के अधिक ताप मे टेढ़ी-मेढ़ी हो जाती है। कठिन समझी जाने वाली वेल्डिंग क्रिया भी अब सही एवं नियंत्रित गति से की जा सकती है। दूसरा उदाहरण 'डाई कास्टिंग' का है जहां कास्टिंग की हरेक प्रक्रिया क्रमबद्धता से करनी पड़ती है।

यंत्रमानव मापक यंत्रों की सहायता से कार्य करता है, इसलिए उत्पादित

वस्तु निश्चित गुणों से युक्त तैयार मिलती है। इस कारण सारी उत्पादित वस्तुएं जांच में खरी उतरती हैं और अस्वीकृत वस्तुएं नहीं के बराबर उत्पादित होती है। इस तरह बेहतर उत्पादन प्रणाली से उत्पादन शुल्क घट जाता है।

जब आदमी हाथों से काम करता है, तब कई बार उत्पादित वस्तु अपेक्षित विशिष्टताओं से भिन्न मिलती है। ऐसा अनुमान किया गया है कि मनुष्य द्वारा उत्पादित वस्तुओं में 30 से 50 प्रतिशत तक वस्तुएं जांच में अस्वीकृत हो जाती हैं।

उत्पादन गुणवत्ता किसी भी उद्योग में परम आवश्यक मानी गयी है और रोबोट ऐसी उत्पादन गुणवत्ता दे सकता है।

यंत्रमानव प्रतिकूल विषम परिस्थितियों में भी कार्य कर सकता है

मनुष्य के लिए जहां काम करना असुविधाजनक या खतरनाक है, रोबोट वहां काम कर सकता है। मनुष्य भले ही बेकारी से घिर जाये, पर इन जगहों पर वह रोबोट से काम कराना ही पसंद करेगा। उदाहरणार्थ, गर्म भट्ठियों में चीजों को डालना या उससे निकालना, विषाक्त रंगों में काम करना, हानिकारक विषाक्त भापों के बीच वेल्डिंग क्रिया, रेडियोधर्मी रसायनो का कार्य, गहरे खदानों में कार्य, समुद्र की अतल गहराइयों में कार्य, बाह्य वायुमंडल में कार्य, ध्रुव प्रदेशों में काम तथा अग्निशमन का कार्य।

यंत्रमानव एक उच्चस्तरीय प्रबंधन प्रदान करता है

कंप्यूटर नियंत्रित रोबोट पूर्व निर्धारित विधानों को बिलकुल सही ढंग से पूरा करता है। इसके अलावा किए गये कार्यों को कंप्यूटर स्मृति में अंकित करता जाता है। कंप्यूटर स्मृति में कार्यस्थल की समस्त प्रक्रिया तथा माल का हिसाब रखा जा सकता है। इन सुविधाओं के कारण प्रबंधक आराम से एक वातानुकूलित कमरे में बैठकर कंप्यूटर स्मृति के द्वारा चलते हुए समस्त कार्य पर निगरानी रख सकता है तथा उसे एक कार्यस्थल से दूसरे कार्यस्थल में जाकर समय बर्बाद नहीं करना पड़ता है। इस तरह योजना के विधान, कार्यान्वयन तथा मानिटरिंग में सुधार आता है।

यंत्रमानव व्यावसायिक सुरक्षा एवं स्वास्थ्य संरक्षण स्टैंडर्ड लाता है

चूंकि रोबोट निर्विरोध निर्देशों का पालन करता है, यह व्यावसायिक सुरक्षा तथा स्वास्थ्य सुरक्षा के नियमों के लिए प्रतिबद्ध होता है। आदमी बहुधा सुरक्षा एवं स्वास्थ्य संरक्षण की सावधानियों को नजरअंदाज कर देता है (उदाहरण के लिए बचाव हेलमेट न पहनना, बचाव ऐनक न लगाना आदि)।

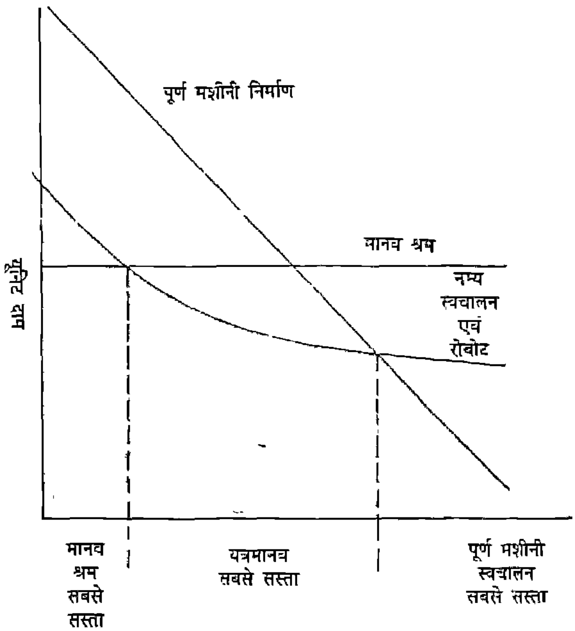
उपरोक्त फायदों के कारण रोबोट का प्रयोग ओद्योगिक क्षेत्रों में अधिकाधिक हो रहा है।

क्या सभी उद्योगों में यंत्रमानव का प्रयोग होना चाहिए ?

चूंकि यंत्रमानव से अनेक फायदे हैं, हम यही निष्कर्ष निकालते हैं कि सभी उद्योगों में रोबोट का प्रयोग अनिवार्य रूप से हो। लेकिन यह निर्णय हमेशा उचित नहीं होता है। रोबोट को प्रयोग मे लाने से पहले प्रत्येक उद्योग को इसकी लागत तथा उत्पादन शुल्कों को बारीकी से समझना होगा।

वस्तु-निर्माण कार्य तीन प्रकार से होते हैं—मानव श्रम द्वारा निर्माण, पूर्ण स्वचालन निर्माण तथा अर्ध-स्वचालन निर्माण। पूर्ण स्वचालन निर्माण वह निर्माण विधि है जिसमें ऐसा निर्माण उपकरण बनाया जाता है जो पूर्व निर्दिष्ट विशिष्टताओं के अनुरूप वस्तु निर्माण करे। अगर विशिष्टता में तनिक भी बदलाव आता है, मशीन काम करना बंद कर देगी और निर्माता को मशीन को फिर से बनाना होगा। फ्लैक्सीबल ओटोमेशन अर्थात् नम्य स्वचालन निर्माण में रोबोट का प्रयोग किया जाता है।

तीनों विधियों के वार्षिक उत्पादन तथा उसके इकाई उत्पादन शुल्क के अध्ययन से हम निर्णय ले सकते हैं कि कौन-सी विधि अधिक उपयोगी होगी। चित्र 26 में तीन विधियों में वार्षिक उत्पादन तथा इकाई उत्पादन शुल्क के संबंध को तुलनात्मक दृष्टि से दिखाया गया है। किसी भी उद्योग की वार्षिक उत्पादकता दर से इस बात का अंदाजा लग जायेगा कि उस उद्योग में कौन-सी विधि उपयुक्त होगी—मानव श्रम द्वारा उत्पादन, पूर्ण स्वचालन द्वारा या रोबटीकरण अर्थात् अर्धमशीनी। अतः उत्पादन हरेक उद्योग में रोबटीकरण उपयोगी नहीं है।



प्रतिवर्ष उत्पादन दर।

चित्र 26 : विभिन्न निर्माण के तरीको का तुलनात्मक अध्ययन (हैंडबुक आफ इंडस्ट्रियल रोबोट्स, संपा. शिमन याई. नाफ, © 1985, जॉन वाइली एंड संस इंक जॉन वाइली की स्वीकृति से पुनर्मुद्रित।

यंत्रमानव का घरेलू कार्यों में प्रयोग

जो यंत्रमानव घरों में प्रयोग किए जाते हैं, वे घरेलू रोबोट या निजी रोबोट कहलाते हैं। तकनीकी दृष्टि से विकसित देशों में तीन तरह के घरेलू रोबोट प्रयोग में आते हैं। पहली तरह का खिलौनानुमा या साथी रोबोट होता है, जो शतरंज जैसे खेल में साथ देता है। खिलौनानुमा रोबोट का उदाहरण हम एक गुड़िया को मान सकते हैं, जो निर्देश पर नाच सकती है,(झूम सकती है,) गा सकती है, अथवा हंस या

रो सकती है। एक बच्चा खिलौना रोबोट का हाथ पकड़कर टहल सकता है। और यह खिलौना रोबोट उसके साथ टहलता है, जब बच्चा मुड़ता है तो मुड़ जाता है तथा बच्चे के रुकने पर रुक जाता है। हम कंप्यूटर की सहायता से शतरंज खेल सकते हैं। वीडियो मानिटर पर शतरंज बोर्ड तथा उसकी गोटियां (राजा, रानी, वजीर, हाथी, घोड़े तथा प्यादों) को देख सकते हैं। रोबोट के साथ शतरंज का खिलाड़ी अपनी चाल कंप्यूटर के कुंजी पटल को दबाकर चल सकता है। अपनी चाल का परिणाम मानिटर पर देख सकता है। रोबोट कंप्यूटर में जमा प्रोग्राम के अनुसार अपनी सबसे अच्छी तर्कपूर्ण चाल चलता है और अपनी संबंधित चाल को मानीटर पटल पर दिखाता है। यह खेल अंत तक खेला जा सकता है। खेल में या तो आदमी विजयी होता है या रोबोट या फिर खेल बराबरी पर छूट जाता है। रोबोट को विभिन्न स्तरों पर खेलने के लिए प्रोग्रामित किया जा सकता है (उदाहरणार्थ नये खिलाड़ी के साथ प्रथम स्तर पर, अच्छे खिलाड़ी के साथ दूसरे स्तर पर, दक्ष खिलाड़ी के साथ तीसरे स्तर पर)। यदि जरूरत हो तो कंप्यूटर तथा वीडियो मानिटर को वास्तविक शतरंज बोर्ड पर खेलने वाले हाथों तथा उंगलियों वाले वास्तविक रोबोट में बदला जा सकता है। जब कंप्यूटर सुनिश्चित चाल का निर्णय कर लेता है तब यह रोबोट को वास्तविक शतरंज बोर्ड पर हाथों से गोटी चलने का निर्देश होता है।

दूसरे प्रकार के घरेलू रोबोट का प्रयोग मनोरंजन के लिए होता है। चूंकि यह मनोरंजन करने वाला रोबोट है, अतः मनोरंजन के लिए इससे जादूगरों द्वारा दिखाए जाने वाले करतब करवाए जा सकते हैं। ऐसे रोबोट का प्रयोग घरों में मेहमानों के मनोरंजन के लिए हो सकता है; या सुपर बाजार में ग्राहकों को आकर्षित करने के लिए किया जा सकता है। यहां एक मनोरंजन करने वाले रोबोट का उदाहरण है। यह लगभग 75 से.मी. लंबा होता है। इसके ऊपरी हिस्से में वीडियो स्क्रीन लगी होती है, जिसमें आदमी की शक्ल बनी होती है। इसमें नाक, आंख, होंठ, दांत आदि नजर आते हैं। यह अपने सामने के लोगों का इस प्रकार मनोरंजन करता है। इसके सामने खड़े होकर कोई आदमी रोबोट से प्रश्न पूछता है (प्रश्न इस तरह के होने चाहिए जिनके उत्तर प्रश्न पूछने वाले के पास खड़ा कोई भी व्यक्ति दे सकता है)। सामने खड़े लोगों को आश्चर्यचकित करता हुआ रोबोट सभी प्रश्नों के सही उत्तर देगा। रोबोट इस तरह कार्य करता है—रोबोट में सामने लगे माइक्रोफोन मे लोगों के प्रश्न आते हैं। यह माइक्रोफोन

रोबोट के अंदर एक छोटे से रेडियो ट्रांसमीटर से जुड़ा होता है। रेडियो ट्रांसमीटर प्रश्न भेजता है। सामने खड़े लोगों से छिपा एक आदमी भेजे गये संदेशों की मानिटरिंग करता है। दूरबीन की सहायता से वह आदमी प्रश्नकर्ता एवं साथ खड़े अन्य लोगों को देखता रहता है। प्रश्न सुनकर और दूरबीन से देखते हुए वह प्रश्नों का सही उत्तर देगा। रोबोट शरीर के अंदर से दूसरे संलग्न ट्रांसमीटर के जरिए उत्तर भेजता जाता है तथा प्रश्नों को दूसरे प्राप्तकर्ता से प्राप्त करता रहता है। रोवोट के अंदर लगे स्पीकर से प्रश्नों के उत्तर दिए जाते हैं। जब उत्तर दिया जाता है, उस दौरान कंप्यूटर प्रोग्राम वीडियो स्क्रीन पर एक तस्वीर चलायमान रखती है (आवश्यकतानुसार आंखें घूमती हैं, होंठ-दांत बंद होते तथा खुलते रहते हैं। इन क्रियाओं का संचालन वहीं छिपा व्यक्ति करता रहता है)। दर्शकों को प्रतीत होता है कि रोबोट उनके प्रश्नों का स्वयं उत्तर दे रहा है।

तीसरी प्रकार का 'होम रोबोट' या घरेलू यंत्रमानव एक औद्योगिक रोबोट से इसलिए मिलता-जुलता नजर आता है क्योंकि यह परिचालक के सहयोग से वस्तुओं को उठा और रख सकता है। घरेलू यंत्रमानव चक्रो पर चलता-फिरता एक गतिशील रोबोट है, जो कंप्यूटर के आदेशों पर नियंत्रित रहता है। इसमें अनेक संवेदक लगाए जा सकते हैं ताकि यह विवेकपूर्ण ढंग से भिन्न कार्य कर सके। यह समाचारपत्र को एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुंचा सकता है या रसोईघर से नाश्ते की थाली पढ़ने में व्यस्त बच्चों के कमरे तक ले जा सकता है।

घरेलू रोबोट घर के अनेक कामों में हाथ बंटा सकता है। एक जगह से दूसरी जगह तक सामान ले जाने में मदद पहुंचा सकता है। इससे बच्चों को पढ़ाई में मदद करने के काम में लगाया जा सकता है। ऐसे घरेलू रोबोट भी बनाए जा सकते हैं जो बच्चों को घर से स्कूल तथा स्कूल से वापस घर तक ध्यान से ले जा सकते हैं। बच्चों को तभी सड़क पार करने देगा जब सुरक्षित हो।

घरेलू रोबोट को पानी का गिलास देने या वैक्यूम क्लीनर से घर की सफाई करने में (वास्तव में सही ढंग से बनाया जाये तो) निपुण बनाया जा सकता है।

गैर-औद्योगिक क्षेत्र में रोबोटों के उपयोग

गैर-औद्योगिक क्षेत्रों में रोबोटों के कुछ अनुप्रयोग इस प्रकार है :

आस्ट्रेलियन भेड़ों से ऊन उतारना

रोबोट का सबसे दिलचस्प उपयोग भेड़ की ऊन उतारने में है। रोबोट की बांह में एक बिजली से चलने वाली छंटाई मशीन लगी होती है जो भेड़ के शरीर पर चलती है। छंटाई मशीन पर लगा संवेदक भेड़ की खाल को 5×10 इंच की परिशुद्धता से पहचान लेता है। रोबोट पर लगी मोटर तेजी से गति कर सकती है। जब भेड़ चलने लगती है तब रोबोट की तेजी से चलने वाली छंटाई मशीन हट जाती है ताकि उसे चोट न आये।

कृषि कार्य में उपयोग

रोबोट दृष्टि तथा दूसरे संवेदकों के बल पर कई तरह के कृषि कार्यो में मदद करने की भी योग्यता रखते हैं—फल चुनना, खेती का कार्य, आलुओं की खुदाई, जैसे अनेक कार्य रोबोट द्वारा किए जाते हैं।

रेडियोधर्मी पदार्थों संबंधी कार्य

नाभिकीय ऊर्जा में रेडियोधर्मी रसायनों के प्रबंधन की जरूरत होती है। रोबोट रेडियोधर्मी रसायनों का प्रबंधन कर सकता है। इस तरह आदमी रेडियोधर्मी पदार्थों के नाभकीय ऊर्जा घर में इस्तेमाल करने जैसे जोखिम भरे कार्यो से छुटकारा पा लेता है।

अग्निशमन

सीढ़ियों पर चढ़ने, मनुष्य और उसके सामान को उठाने तथा स्थानांतरित करने वाला रोबोट हमें आग लगने जैसी खतरनाक स्थितियों से बचा सकता है।

खदानों में कार्य

खदान में जहां जमीन के धंसने का हमेशा खतरा बना रहता है, काम करना खतरनाक होता है। खदान प्रक्रियाओं में रोबोट उपयोगी हो सकते हैं।

समुद्र तल में कार्य

आज तक मनुष्य समुद्र की अतल गहराइयों में 100 मीटर तक गया है और वह भी विशेष प्रकार के कपड़ों तथा सांस लेने के उपकरणों के साथ। धरातल का 70 प्रतिशत भाग जलमग्न है। समुद्र का अधिकतर भाग 2 से 6 किलोमीटर तक गहरा है। यांत्रिक भुजाओं तथा दृष्टि से युक्त रोबोट को समुद्र की गहराइयों में भेजकर गहरे समुद्र की खोज करने और बहुमूल्य चीजों को एकत्र करने के काम में लगाया जा सकता है। जब भारत का कई साल पहले एक एअर इंडिया का जम्बो जेट ध्वस्त होकर समुद्र में समा गया था तब एक ऐसे ही 'स्कारेब' नामक रोबोट को क्षतिग्रस्त विमान के 'ब्लैकबाक्स' को समुद्रतल से निकालने के काम में लाया गया था।

आकाशीय खोज

अंतरिक्ष में उड़ान तथा वहां अनुसंधान कार्यो में रोबोट का विस्तृत प्रयोग हो सकता है। आकाश में उड़ते हजारों मानव निर्मित आकाशीय पिंडों के रख-रखाव एवं उनमें आई खराबी को ठीक करने में रोबोट का बड़ा योगदान हो सकता है। जब रोबोट दूसरे ग्रहों पर भेजे जाते हैं तो आकाशीय उड़ान एक आसान काम हो जाता है। रूस ने चांद पर एक 'लूनाखोड' नामक स्वचालित रोबोट भेजा था। इस रोबोट ने चांद की सतह के परीक्षण किये, वहां की मिट्टी लेकर उसकी एक्स-रे एवं रासायनिक जांच की तथा इसके परिणाम पृथ्वी पर भेजें। अभी हाल में अमेरिका द्वारा संपादित वायेजर-II प्रोग्राम काफी हद तक इस कारण सफल हुआ क्योंकि इसमें दो रोबोट कई कामों में मदद पहुंचा रहे थे।

चिकित्सा कार्यो में उपयोग

ऑर्थोटिक्स एवं प्रौसथेटिक्स के क्षेत्रों में रोबोट का बड़ा योगदान है। प्रौसथेटिक्स ऐसी चिकित्सा विज्ञान है जिसमें मनुष्य का खोया अंग प्रत्यारोपित हो सकता है। अगर किसी व्यक्ति का हाथ या पांव कट गया है तो कृत्रिम हाथ-पांव जोड़े जा सकते हैं जिन्हें यंत्रमानवविज्ञान के सिद्धांत पर आधारित परिचालक के नियंत्रण

से चलाया जाता है। शरीर के बिना कटे अंगों से प्राप्त एलेक्ट्रोमायोग्राफ संकेतों को मापकर दिमाग के निर्देश को समझा जा सकता है और इस सूचना का प्रयोग कृत्रिम अंगों के नियंत्रण के लिए किया जा सकता है।

आर्थोटिक्स वह चिकित्साविज्ञान है जिसमें लकवे के कारण आई हाथ या पांव में नाड़ी की बीमारी को बाह्य यांत्रिक प्रणाली से दूर किया जाता है। इसका नियंत्रण भी कृत्रिम अंगों के समान ही होता है। कुछ प्रोसथेसिस और औसथेसिस आवाज से भी नियंत्रित होते हैं।

माईक्रोसर्जरी मे रोबोट का महत्वपूर्ण योगदान हो सकता है।

टेबल टेनिस खेलने वाला रोबोट

रसेल एल. एंडर्सन द्वारा पिंग-पौंग खेलने वाले रोबोट का निर्माण हमारे वास्तविक जीवन में सफल प्रयोग माना जायेगा। समस्या से निबटने के लिए शुरू में खेल के नियमों में तथा पिंग-पौंग टेबल के आकार मे थोड़ा परिवर्तन किया जाता है। रोबोट में एक ऐसा संवेदक तथा संचालन तकनीकी का समावेश किया जाता है जो रोबोट को तत्काल बुद्धिपूर्ण निर्णय लेकर काम करने में सक्षम बनाता है। संवेदक गेंद के घुमाव, उछाल तथा उसकी गति का माप करता है। इसी माप के अनुसार नियंत्रक बैट को गेंद पर लगाए जाने वाले बल तथा दिशा का निर्देश देता है। अभी इस दिशा में सुधार चल रहे हैं, जिससे इस खेल को मानक टेबल पर मानक नियमों का पालन करते हुए खेला जा सके।

4

यंत्रमानव को उसके काम का प्रशिक्षण देना

आदमी को नये काम को करने से पहले प्रशिक्षित किया जाता है। वह दूसरों को वही काम करते हुए देखकर एवं सही तरीकों को अपनाकर स्वयं काम कर लेता है। कार्य की विधि को सीखने का काम दिमाग से होता है। वह ज्ञानेंद्रियों से महत्वपूर्ण सूचनाएं प्राप्त करता है यथा उस सामान की वर्तमान स्थिति का ज्ञान जिसे उठाना है, तथा वह जगह जहां उसे रखना है। उपर्युक्त कार्य को करने के लिए दिमाग से हाथ को निर्देश मिलता है। ज्ञानेंद्रियां पुनः यह बताती हैं कि उपर्युक्त कार्य सही ढंग से पूरा हो गया है।

यंत्रमानव भी आदमी के समान ही है जिसे दिया हुआ काम करने के लिए समझाना होता है। मनुष्य के विपरीत रोबोट चाहता है कि कार्य को इतने हिस्सों में बांट दिया जाये कि कार्य इकाइयों में बंटकर भली-भांति संपन्न हो जाये।

मुख्यतया औद्योगिक उपयोगों में रोबोट कंट्रोलर के अंदर ही ये सारे निर्देश भरे होते हैं। उदाहरणार्थ, हम रोबोट को दो ब्लाकों की सहायता से मीनार बनाना सिखाना चाहते हैं। रोबोट को सिखाने के लिए सारी कार्य-प्रक्रिया को निम्न अलग और छोटे-छोटे हिस्सों में बांटना होगा :

1. मैनीपुलेटर को तब तक घुमाते रहना होगा जब तक पकड़ने वाली पकड़ पहले ब्लाक तक नहीं पहुंच जाती ।
2. पकड़ को इतना नीचे लाना होगा जिससे ब्लाक जबड़े के बीच फंस जाये।
3. पकड़ के जबड़ों को बंद करना।

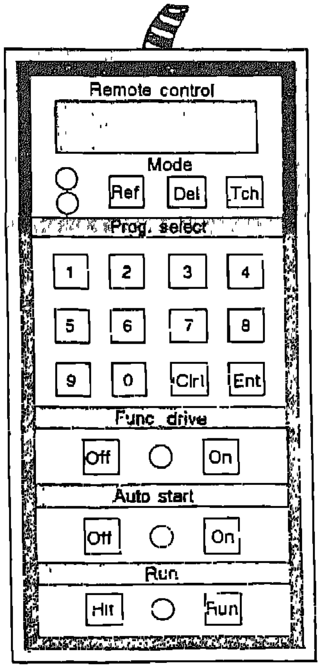
4. ब्लाक को पकड़ के बीच कसकर पकड़ी अवस्था में मैनीपुलेटर को उठाना होगा।
5. मैनीपुलेटर को तब तक घुमाते रहना होगा जब तक पहले वाली पकड़ में जकड़ा ब्लाक दूसरे ब्लाक के ऊपर न आ जाये।
6. पकड़ को तब तक नीचे लाना होगा जब तक कि जबड़े में पकड़ा पहला ब्लाक दूसरे ब्लाक पर बैठ न जाये।
7. अब पकड़ के जबड़े खोले जाते हैं।
8. मैनीपुलेटर को अब दो ब्लाक से बनी मीनार से दूर हटा देना चाहिए।

इन आठ निर्देशों के अतिरिक्त कदम-कदम पर मैनीपुलेटर को सही गति का ज्ञान देना होगा। अधिक जटिल कार्यो में अत्यंत सटीक गति नियंत्रण के साथ ही विभिन्न गति बतानी होती है। इसमें काफी समय लग सकता है।

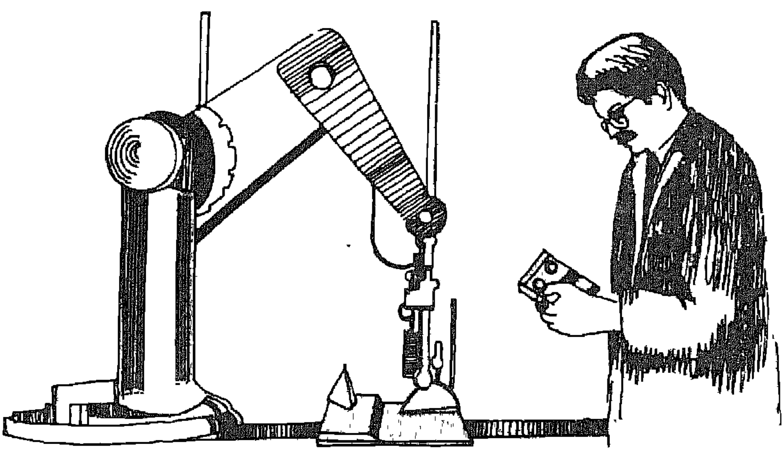
रोबोट को कार्य का क्रम बताया जा सकता है। यह अनेक उपलब्ध तरीकों से संभव है। इसी के साथ रोबोट निर्माता एवं अनुसंधानकर्ता ऐसी अनेक विधियों का निर्माण कर रहे हैं जिससे प्रशिक्षण के तरीके आसान हो जायें और रोबोट कम समय में नये कार्य अपना ले। अभी ऐसी तीन विधियां हैं जिनके द्वारा रोबोट कार्यक्रम सीख सकते हैं।

हस्तचालित प्रशिक्षण

इस शिक्षण प्रणाली में आदमी रोबोट को 'टीच बाक्स' या टीच पेंडेंट के आधार पर विभिन्न बिंदुओं से गुजारता है। चित्र 27 में एक टीच पेंडेंट को दर्शाया गया है। टीच पेंडेंट में स्विच लगे होते हैं जो बिजली के तारों द्वारा मैनीपुलेटर जोड़ और पकड़ अथवा भुजा को चलाने वाली विद्युतचालित मोटर से जुड़े होते हैं। प्रत्येक मोटर में दो स्विच लगे होते हैं। अगर उनमें से एक स्विच दबाया जाये तो मोटर जोड़ को एक दिशा में घुमाने लगती है। लेकिन दूसरे स्विच को दबाने पर मोटर जोड़ को विपरीत दिशा में घुमायेगी। चित्र 28 में एक आदमी रोबोट को टीच पेंडेंट की सहायता से प्रशिक्षित कर रहा है। जब निर्दिष्ट स्विच को सही क्रम में दबाया जाता है तब रोबोट दिए गये आदेश पर सही बिंदुओं से चलता हुआ निर्दिष्ट कार्य को क्रमबद्धता से पूरा करता है। जब रोबोट सही बिंदुओं से बढ़ता है तो उन बिंदुओं



चित्र 27 अ : मैनुअल टीच पेंडेंट। व : पूमा रोबोट का टीच वाक्स।



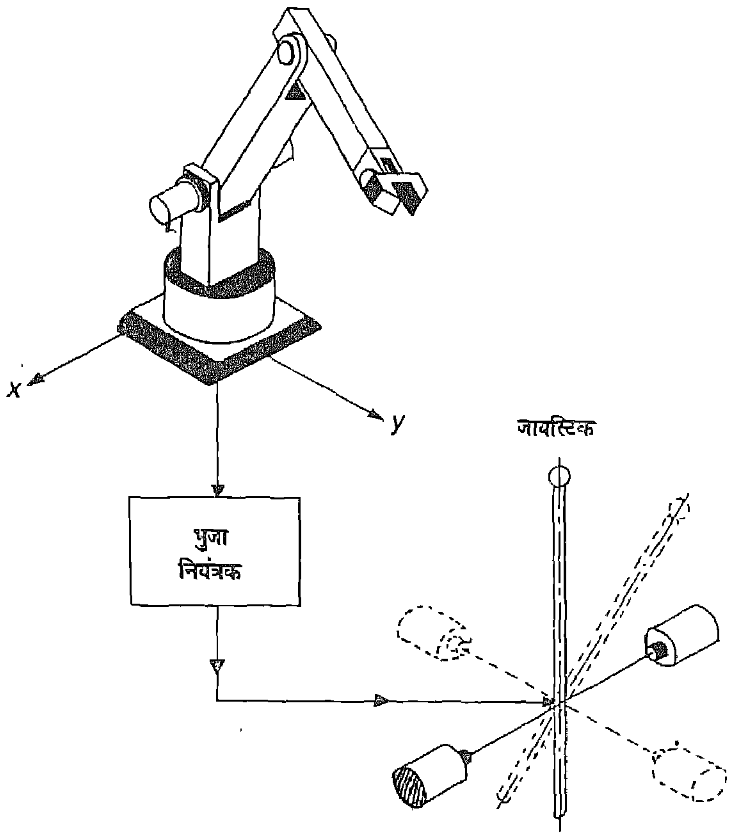
चित्र 28 : हस्तचालित प्रोग्रामिंग मे टीच वाक्स का प्रयोग।

के क्रम का विवरण कंप्यूटर की स्मृति में भंडारित होता जाता है। इस विवरण के अतिरिक्त, अन्य आवश्यक विवरण जैसे कि मोटर को किस गति से घुमाना है, पहले कार्य की समाप्ति पर दूसरी मुख्य क्रिया को कितनी देर बाद चालू करना है, आदि भी कंप्यूटर स्मृति में भंडारित होते जाते हैं।

जब कार्य की पूर्ण शृंखला एवं दूसरे महत्वपूर्ण विवरण कंप्यूटर स्मृति में भर जाते हैं, तब रोबोट कार्य की शृंखला को दुहराने के लिए तैयार हो जाता है। 'एक्सीक्यूट' आदेश पर रोबोट कंप्यूटर स्मृति में संरक्षित सिखाए आदेश-क्रम को करते हुए सही ढंग से काम को पूरा करता है। रोबोट से यही काम कई बार करवाया जा सकता है। सिखाया गया कार्यक्रम स्मृति से तब तक विस्थापित नहीं होगा, जब तक प्रशिक्षक उस कार्यक्रम को स्मृति से यह समझकर हटा न दे कि अब उसे काम की आगे जरूरत नहीं पड़ेगी।

'टीच पेंडेंट' से इस प्रकार के हस्तचलित प्रशिक्षण में एक बहुत बड़ी कमी है। रोबोट की चाल के मुताबिक कर्ता (चलाने वाला) को हमेशा ध्यान रखना पड़ता है कि अब वह कौन-सा स्विच दबाए जिससे जरूरी जोड़ या एंडइफेक्टर सही-सही घूमे। यद्यपि काफी अभ्यास के बाद कर्ता इस कमी पर काबू पा लेता है, लेकिन जब नये कार्यक्रम की शिक्षा शुरू होती है, इस कमी पर काबू पाना कठिन हो जाता है। इस विधि में इस कठिनाई से मुक्ति पाने का रामबाण तरीका 'जायस्टिक' का प्रयोग है। चित्र 29 में सिखाये जाने वाले रोबोट के साथ जुड़ी जायस्टिक को दर्शाया गया है। 'जायस्टिक' वायुयान उड़ाने में पायलट द्वारा प्रयोग की जाने वाली जायस्टिक के समान होती है। जब जायस्टिक का इस्तेमाल किया जाता है तो यह निश्चित स्विच को दबाने के लिए निर्दिष्ट दिशा में ही घूमती है। विभिन्न दिशाओं में जायस्टिक को विभिन्न दिशाओं में घुमाने को कार्यकर्ता आसानी से याद कर सकता है, जिससे निर्दिष्ट स्विच दब जाये।

जायस्टिक के प्रयोग से, कर्मचारी रोबोट की गति पर ध्यान केंद्रित करते हुए सही स्विच दबा, सही जोड़ को सही दिशानिर्देश देगा। दूसरे स्विच को दबाने के लिए कर्मचारी को रोबोट से मुखातिब नहीं होना पड़ता है। सिर्फ उसे इतना याद रखना होगा कि स्टिक को किस दिशा में घुमाना है और यह काम बिना स्टिक की ओर देखे ही किया जा सकता है। स्टिक का सिरा सदैव कर्मचारी के हाथ से लगा होता है। इस कारण स्टिक की ओर देखे बिना उसे निर्दिष्ट दिशा में घुमाया जा सकता है।



चित्र 29 : रोबोट को जायस्टिक के प्रयोग द्वारा भुजा के नियंत्रण की शिक्षा दी जा रही है।

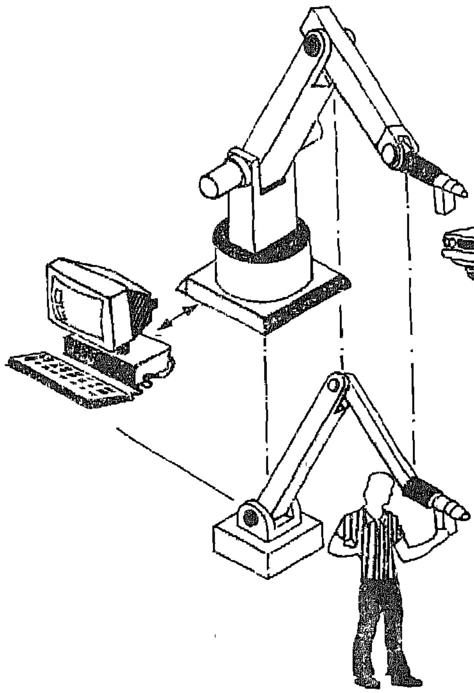
निर्देशन द्वारा प्रशिक्षण

टीच पेंडेंट या जायस्टिक के द्वारा मैनुअल अथवा हस्तचालित प्रशिक्षण में एक नौसिखिये द्वारा रोबोट को क्रमबद्धता से कार्य सिखाना बहुत कठिन है। सही प्रशिक्षण देने के लिए इसमें प्रशिक्षक को बहुत प्रयास करना पड़ता है। टीच पेंडेंट की सहायता से मैनुअल प्रशिक्षण प्रयास और गलतियों को कम करने की विधि को 'निर्देशन द्वारा प्रशिक्षण' कहा जाता है। इस विधि को 'दिखाते हुए प्रशिक्षण'

कहना अधिक उपयोगी होगा। इस विधि में प्रशिक्षक रोबोट मैनीपुलेटर को हाथों से पकड़ लेता है, और रोबोट को कार्यपथ तथा क्रिया के क्रम को दिखाते हुए आगे बढ़ता जाता है। संवेदक की सहायता से नियंत्रक कंप्यूटर स्मृति में हरेक जोड़ के स्थान को समय-समय पर अंकित करता रहता है। जब प्रशिक्षक, रोबोट मैनीपुलेटर को हाथों से बढ़ाता जाता है, रोबोट की मोटर रुकी रहती है। जब एक बार आवश्यक क्रियाओं का क्रम अंकित हो जाता है, आदेश देकर रोबोट को सिखाए गये आदेशों पर चलाना 'टीच पेंडेंट' विधि की तरह ही सामान्य है।

इस 'निर्देशन द्वारा प्रशिक्षण' प्रणाली की भी कुछ सीमाएं हैं। सर्वप्रथम प्रशिक्षक को रोबोट के वजन तथा भुजाओं के जोड़ तथा गियर के बीच के घर्षण का ध्यान रखना पड़ता है। दूसरी बात नियंत्रक स्मृति काफी विशाल होनी चाहिए, जिसमें 100 बिंदु प्रति सैकेंड की दर से सूचनाएं अंकित हो सकें।

इनमें से पहली कमी के कारण यह विधि मध्यम एवं बड़े आकार वाले रोबोट के लिए अनुपयुक्त रहेगी जिनसे उच्च श्रेणी का कार्य संपन्न करने की अपेक्षा की जाती है। एक बैलेंस यूनिट की सहायता से, जो रोबोटिक मैनीपुलेटर के स्थैतिक वजन को संतुलित रखता है, इस कमी से कुछ हद तक बचा जा सकता है। पहली कमी को ही पूरा करने का इससे अच्छा तरीका एक अतिरिक्त रोबोट का प्रयोग हो सकता है। ऐसे अतिरिक्त रोबोट को हम 'मास्टर रोबोट' कहते हैं । मास्टर रोबोट हल्के वजन का एक रोबोट है जिसमें न तो मोटर होती है और न ही गति स्थानांतरित करने वाला कोई गियर, चेन या बेल्ट। यद्यपि मास्टर रोबोट जोड़ों पर मापक उपकरण 'एनकोडर' जुड़े होते हैं। मास्टर रोबोट की सभी कड़ियों की लंबाई वास्तविक रोबोट की कड़ियों के बराबर होती है, जो अब 'दास रोबोट' कहलाता है। दास रोबोट ही वह असली रोबोट है जो मास्टर रोबोट को बताए गये कार्य वास्तव में पूरे करता है। प्रशिक्षण के दौरान कार्यकर्ता मास्टर रोबोट को क्रियापथ दिखाता जाता है। यह कार्य मास्टर रोबोट द्वारा आसानी से पूरा हो जाता है क्योंकि वह हल्का होता है तथा इसमें गियर नहीं लगे होते हैं। मास्टर रोबोट के क्रियाकलाप कंप्यूटर में अंकित होते जाते हैं। 'एक्सीक्यूट' आदेश पर दास तथा मास्टर रोबोट बताए गये सारे काम ईमानदारी से संपन्न करते हैं। दोनों दास एवं मास्टर रोबोट एक ही कंप्यूटर से नियंत्रित होते हैं। चूंकि दोनों रोबोट की ज्योमितीय बनावट एक जैसी है, इस कारण 'दास रोबोट' द्वारा तय किया गया रास्ता मास्टर रोबोट से भिन्न नहीं होता है। चित्र 30



चित्र 30 : मास्टर रोबोट का इस्तेमाल करते हुए मोटर गाड़ी को स्प्रे पेंट करने के लिए आवश्यक स्थितियों को रोबोट को समझाते हुए।

में मास्टर रोबोट तथा दास रोबोट को 'निर्देश द्वारा प्रशिक्षण' तरीके पर काम करते हुए दर्शाया गया है। क्या आप मास्टर-दास रोबोट प्रणाली का पूर्ण रूप से फायदा देख रहे हैं जिसमें मास्टर रोबोट सुरक्षित स्थान पर है किंतु खतरनाक जगह पर स्थित दास रोबोट को नियंत्रित कर रहा है।

निर्देशनद्वारा प्रशिक्षण प्रणाली की प्रथम कमी की पूर्ति एंडइफेक्टर के साथ बल संवेदक के प्रयोग से की जा सकती है। तब शिक्षण प्रणाली को हम 'टीच बाई-गाइडिंग-यूजिंग-फोर्स-सेंसर' कहते हैं। जब कार्यकर्ता एंडइफेक्टर को पकड़ कर मैनीपुलेटर घुमाता है, वह एंडइफेक्टर पर एक बल लगाता है। बल संवेदक इस बल को मापकर इसे विद्युत संदेशों में बदल देता है जो रोबोट मोटरों को

संचालित करते हैं और उन्हें इच्छित मार्ग पर चलने का निर्देश देता है। इस विधि का एक फायदा यह है कि कार्यकर्ता को रोबोट को चलाने के लिए ज्यादा झंझट नहीं उठाना पड़ता। इस कारण कंप्यूटर स्मृति में अंकित माप के अनुरूप बिलकुल सही काम संपन्न करवाया जा सकता है। यद्यपि यह विधि प्रशिक्षण प्रणाली में लगाए गये अतिरिक्त संवेदक तथा सर्किट के कारण महंगी है। इसके अलावा संवेदक का उपयोग सिर्फ प्रशिक्षण के लिए होता है। बाद के कार्य में इसका कोई योगदान नहीं है। अतः सिर्फ इस थोड़े से समय के प्रयोग में संवेदक का प्रयोग महंगा पड़ता है

पंहली दो सिखाने की मैनुअल विधियों में सिखाते समय रोबोट की भुजा हरेक बिंदु से गुजारी जाती है। इसके विपरीत, प्रशिक्षण की एक विधि है जिसके दौरान रोबोट बिलकुल भी नहीं चलता है। इसे हम 'प्रोग्रामिंग मैथड आफ टीचिंग' कहते हैं। इस विधि में रोबोट चलता नहीं है क्योंकि कार्यकर्ता द्वारा उसे छुआ भी नहीं जाता। इसमें शिक्षण वैयक्तिक रूप से तो होता है, किंतु प्रोग्रामिंग के द्वारा।

प्रोग्रामिंग द्वारा शिक्षण

शिक्षण की इस विधि में गतिपथ के हरेक बिंदु के बारे में नियंत्रक को गणित के समीकरणों के द्वारा समझाया जाता है। एंडइफेक्टर को जिस रास्ते से गुजरना है वह पहले से पता होता है। गणित के समीकरण द्वारा इस रास्ते की व्याख्या की जाती है। उदाहरण के लिए, अगर रास्ता एक तल में सीधी रेखा है तो यह $y = mx + c$ द्वारा बताया जाता है। जहां x, y सीधी रेखा के किसी बिंदु की परिभाषित अक्ष से दूरी है, m उस रेखा का वक्र (सीधी रेखा) का उठाव होता है। c, y अक्ष में उस रेखा का कटाव है। अगर पथ एक सीधी रेखा में नहीं है अथवा यह पथ तीन अक्षीय व्योम मे वक्र रेखा है तो इस पथ को भी हम गणितीय सूत्र में परिभाषित कर सकते हैं। यह रास्ता प्रारंभिक एवं अंतिम बिंदुओं से सीमित होता है जो ज्ञात होते हैं। गणितीय सूत्रों की सहायता से ऐसे बिंदुओं के अक्षीय पथ कंप्यूटर प्रोग्रामिंग द्वारा हल किए जा सकते हैं तथा बिंदुओं को कंप्यूटर स्मृति में अंकित किया जा सकता है। दूसरे प्रोग्राम से नियंत्रक मैनीपुलेटर के हरेक जोड़ को किस दिशा में तथा कितनी दूरी तक ले जाना है, इस बात

को हल कर लेता है और यह सूचना भी कंप्यूटर स्मृति में रख ली जाती है। एक वार जब आवश्यक सूचनाएं स्मृति में संग्रह कर ली जाती हैं, तब मैनीपुलेटर को आदेश देकर आवश्यक कार्यशृंखला को करवाना पहले जैसा होता है।

प्रोग्रामिंग विधि के हस्तचालित से कहीं ज्यादा फायदे हैं जो निम्नांकित हैं :

1. प्रोग्रामिंग विधि में समय एवं प्रयास की बचत होती है। दूसरी बात, जब कभी रोबोट को नयी बात सिखानी होती है इसे उत्पादन से हटाया नहीं जाता। रोबोट से काम करवाते हुए साथ-साथ नये कार्य की प्रोग्रामिंग भी चलती रहती है।
2. निहित कार्य के लिए रास्ते के हरेक बिंदु की अक्षीय स्थिति की जानकारी दूसरे ऐसे रोबोटों को भी दी जा सकती है, जो बनावट में पहले से भिन्न आकार-प्रकार के हैं।

5

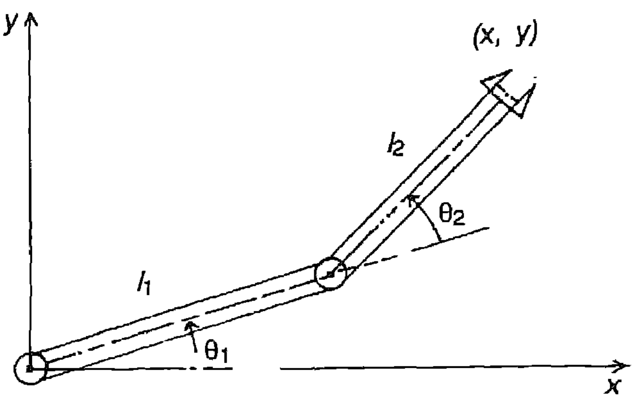
यंत्रमानव–विवेचना तथा नियंत्रण

इससे पहले अध्याय में यंत्रमानव अथवा रोबोट नियंत्रण की शिक्षण-विधि से हमें ऐसा आभास होता है कि किसी काम को पूरा कराने के लिए रोबोट नियंत्रण एक आसान काम है। पर वस्तुस्थिति यह है कि रोबोट मैनीपुलेटर का सही-सही नियंत्रण एक जटिल काम है। यद्यपि रोबोट को नियंत्रण के लिए उसको सिखाने की विधि आसान है, लेकिन इन विधियों से मैनीपुलेटर का परिशुद्ध नियंत्रण नहीं होता, क्योंकि इसमें कब्जे, मोटर तथा एंडइफेक्टर के द्रव्यमान, जड़ता एवं अन्य पैरामीटरों को नजरअंदाज कर दिया जाता है।

जब मैनीपुलेटर के अत्यंत परिशुद्ध नियंत्रण की आवश्यकता पड़ती है तब रोबोट मैनीपुलेटर के विस्तृत विश्लेषण पर आधारित परिष्कृत नियंत्रण विधियों का प्रयोग आवश्यक हो जाता है।

इन विधियों में न केवल मैनीपुलेटर के ज्योमितीय आकार को ध्यान में रखना चाहिए बल्कि रोबोट मैनीपुलेटर के द्रव्यमान, जड़ता और दूसरे संबंधित पैरामीटरों पर भी विचार करना चाहिए। उन बातों की चर्चा इस पुस्तक के अंतर्गत नहीं की जा सकती। हां, उदाहरण के लिए हम एक साधारण रोबोट का अध्ययन कर सकते हैं, जिससे हम रोबोट मैनीपुलेटर के नियंत्रण तथा विवेचना में कठिनाइयों तथा जटिलताओं को भली-भांति समझ सकें।

चित्र 31 में वर्णित एक साधारण रोबोट मैनीपुलेटर का उदाहरण लें। इस चित्र में दो कब्जे तथा जोड़ वाला रोबोट मैनीपुलेटर दिखाया गया है। कब्जों की लंबाई l_1 और l_2 है। दो ऐसे जोड़ मोटरों के साथ जुड़े हैं जिनका घुमाव अक्ष चित्र के सतह पर लम्ब बनाता है। x - y लम्बीय अक्ष मोटर का कब्जा नं. 1



चित्र 31 : दो कब्जों वाला आर्टिकुलेटेड प्लेनर मैनीपुलेटर जोड़ों पर रखी मोटरों को चलाकर आवश्यक एंडइफेक्टर स्थिति तक जाया जा सकता है।

(जिनकी लंबाई l_1 है) के किसी नीयत अक्षीय बिंदु पर अन्तर्भूत है। दूसरी मोटर (जिनकी लंबाई l_2 है) कब्जे नं. 2 को चलाती है। कब्जा नं. 2 के मुक्त छोर पर एक एंडइफेक्टर जुड़ा है। जब दोनों जुड़ी मोटरें घूमती हैं, रोबोट मैनीपुलेटर केवल x - y सतह पर घूमते हैं। इसलिए चित्र 31 में वर्णित रोबोट 'टू-डिग्री-आफ फ्रीडम प्लेनर मैनीपुलेटर' कहलाता है। जब कब्जे कोणीय दिशा में घूमते हैं तब परिणाम को θ_1 तथा θ_2 कोण से परिभाषित करते हैं। यहां θ_1 कोण x- अक्ष तथा कब्जा नं. 1 के बीच बनता है। घड़ी की दिशा में बनाए गये कोण ऋणात्मक तथा विपरीत दिशा में बनाए गये कोण धनात्मक माने जाते हैं। θ_2 कोण से कब्जा नं. 2 की स्थिति दर्शाई गयी है जिसे कब्जा 1 के अक्ष से मापा जाता है (चित्र 31)।

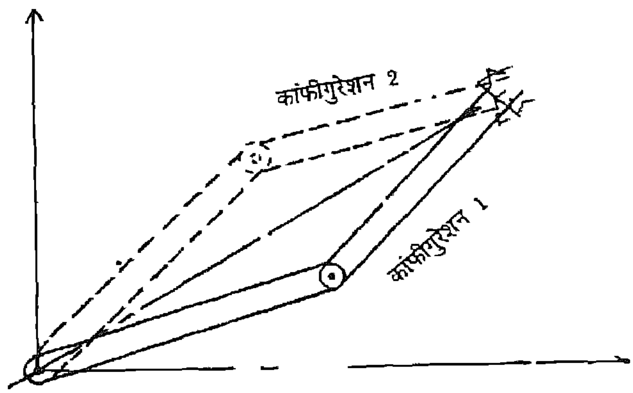
θ_1 एवं θ_2 कब्जों की कोणीय अवस्था एंडइफेक्टर की स्थिति को दर्शाती है। अर्थात् एंडइफेक्टर उस x, y बिंदु तक पहुंच जायेगा जिसे कार्डिनेट्स ने परिभाषित किया है (चित्र-31)। θ_1, θ_2 (जोड़ों के अक्षीय कोण) कड़ी की लंबाई l_1, l_2 के समानुपाती है, जिससे हम वर्ल्ड कार्डिनेट्स x, y की दूरी का हिसाब लगा सकते हैं। ज्ञात θ_1, θ_2 से x, y का हिसाब लगाना 'अग्रिम गतिक समस्या' कहलाता है। ज्ञात θ_1, θ_2 कोणीय अक्ष के लिए 'अग्रिम गतिक समस्या' का हल

केवल एक ही होता है अर्थात् हमें सदैव एक ही जवाब (x, y) मिलता है।

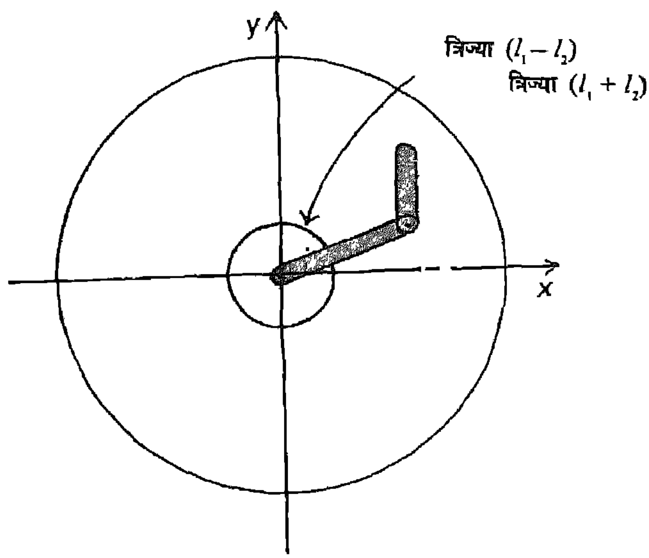
अग्रिम गतिक समस्या से कम ही निपटना होता है। अधिकतर हमें इसकी विलोम समस्या से निपटना होता है। जैसे कि, अगर x, y हमें दिया हुआ है तो हमें जोड़ के कोणीय अक्ष θ_1, θ_2 का पता लगाना होता है। इसे हम गतिक समस्या के विलोम का नाम देते हैं। नीचे दी गयी स्थिति में हमें विलोम गतिक समस्या को ही हल करना है।

एक निश्चित स्थान पर वस्तु को रखा गया है। वस्तु के गुरुत्वाकर्षण बल के केंद्र के समकक्षों को x_1, y_1 बिंदु से दर्शाया गया है जो वर्ल्ड कार्डिनेट्स हैं। अब रोबोट को x_1, y_1 बिंदु तक पहुंचाने के लिए ताकि वह वस्तु को उठा सके, हमें θ_1, θ_2 जोड़ अक्ष का हिसाब लगाना होगा ताकि जोड़ पर लगी मोटर को θ_1, θ_2 कोणीय मोड़ दिया जा सके। अर्थात् दिए गये x_1, y_1 के लिए θ_1, θ_2 का हिसाब लगाना होगा। यहां 'विलोम गतिक समस्या' के समाधान अनेकानेक हो सकते हैं। कभी-कभी किसी का समाधान होगा ही नहीं। इन बातों को भली-भांति समझने के लिए चित्र 32, 33 को देखिए। चित्र 32 में कड़ी को दो तरीके से जोड़ कर बताया गया है, दोनों में हम एक ही एंडइफेक्टर के स्थान तक पहुंचते हैं। इससे यह स्पष्ट होता है कि एक ही x, y के लिए हमें विलोम गतिक समस्या के दो समाधान मिलते हैं। चित्र 33 में मैनीपुलेटर की दो-डिग्री-आफ-फ्रीडम को दिखाया गया है जिसमें लिंक 2 की लंबाई (l_2) लिंक 1 (l_1) की लंबाई से कम है। जब दोनों कब्जों को एक रेखा में ले आते हैं अर्थात् θ_2=0, मैनीपुलेटर का अक्ष ($l_1 + l_2$) त्रिज्या का एक वृत्ताकार पथ बनाता है। जब दोनों लिंक को θ_2=180° से एक रेखा में ले आते हैं, मैनीपुलेटर का अक्ष ($l_1 - l_2$) त्रिज्या का वृत्ताकार पथ खींचेगा। इस तरह एंडइफेक्टर ($l_1 + l_2$) एवं ($l_1 - l_2$) त्रिज्या के बीच के क्षेत्र के किसी भी बिंदु तक पहुंच सकता है। किंतु एंडइफेक्टर बाहरी वृत्त के बाहर या भीतरी वृत्त के भीतरी किसी बिंदु तक जाने में असमर्थ होगा। दूसरे शब्दों में अगर निर्दिष्ट (x, y) बाह्य वृत्त के परे तथा अंतर्निहित वृत्त के भीतरी किनारे से दूर है, तब 'इनवर्स काइनेमैटिक प्राब्लम' का कोई समाधान नहीं मिल सकता।

चित्र 32 और 33 के द्वारा संभावित कारणों के साथ एक समाधान (किसी एक θ_1, θ_2 पर (x, y) के लिए सिर्फ एक ही समाधान मिलता है) अनेक समाधान और कोई भी समाधान नहीं की स्थिति की व्याख्या की गयी है। इसी समाधान



चित्र 32 : दो विलोम गतिक हल।



चित्र 33 : मैनीपुलेटर का कार्यस्थल।

की व्याख्या गणितीय ढंग से एकल परिवर्ती के फलन को लेकर भी की जा सकती है जैसे कि $y = x^2$। अगर $x = 2$ दिया है, केवल $y = 4$ का मान ही फलन समीकरण को संतुष्ट करता है। $y = 4$ दिया हो, तो x के दो हल होते हैं, यथा $x = +2$ या $x = -2$, लेकिन अगर $y = -9$ दिया है तो x का कोई वास्तविक समाधान नहीं मिलेगा।

जब एक सरलतम डिग्री आफ फ्रीडम मैनीपुलेटर की समस्या जटिल होती हो, तब हम त्रिआयामी स्थान पर काम करने वाले एक साधारण उपयोगी सिक्स डिग्री आफ फ्रिडम मैनीपुलेटर की जटिलताओं और कठिनाइयों को बखूबी समझ सकते हैं।

जब दो डिग्री आफ फ्रिडम मैनीपुलेटर की कब्जे की कोणीय स्थिति θ_1, θ_2 एक बार ज्ञात हो जाती है, तब मोटर पर लगाया गया बल (घूर्ण) मैनीपुलेटर के द्रव्यमान (जड़ता) तथा अन्य संबंधित पैरामीटरों पर निर्भर करेगा जिससे मैनीपुलेटर एंडइफेक्टर को नियंत्रित कर सही स्थान तक ले जाये।

6

उपसंहार

सर्वप्रथम औद्योगिक यंत्रमानव का निर्माण 1959-60 में अमेरिका में हुआ। लेकिन, औद्योगिक अनुप्रयोगों के लिए रोबोटों के विकास और उपयोग में करीब 20 वर्ष लग गये। क्रमशः रोबोट का प्रयोग यूरोपीय देशों तथा जापान में भी होने लगा। यद्यपि औद्योगिक रोबोट के विकास में अमेरिका का बड़ा योगदान रहा है, परंतु वर्तमान समय में जापान में रोबोट का अत्यधिक प्रयोग हो रहा है।

रोबोट का अधिकाधिक प्रयोग मोटर उद्योग में गाड़ियों के वेल्डिंग तथा स्प्रे पेंटिंग में किया जा रहा है।

भारत में यंत्रमानव तथा इसके विज्ञान के प्रति रुचि 1980 में शुरू हुई। यंत्रमानवविज्ञान के क्षेत्र में कार्य विकसित शिक्षण संस्थानों तथा अनुसंधान केंद्रों से प्रारंभ हुआ। औद्योगिक संस्थानों ने ऐसे रोबोट के बारे में रुचि दिखाई है जो वेल्डिंग, स्प्रे पेंटिंग तथा 'इलेक्ट्रानिक एसेंबली' में मदद करे।

यंत्रमानवविज्ञान का भविष्य काफी उज्ज्वल लगता है। जब हम विश्व स्तर पर देखते हैं तो पता चलता है कि इस क्षेत्र में पहले से ही काफी काम हो चुका है। आने वाले वर्षों में इस दिशा में काफी विकास एवं खोज की संभावना है। शिक्षण संस्थानों में डिग्री स्तर पर यंत्रमानवविज्ञान तथा इससे संबद्ध विषय पाठ्य-क्रम में शामिल हैं। औद्योगिक स्तर पर भी इनको प्रयोग किए जाने की योजनाएं हैं। यंत्रमानवविज्ञान के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास कार्यों के लिए सरकारें भी वित्तीय मदद दे रही हैं।

जब दो महत्वपूर्ण क्षेत्रों रोबोटिक्स एवं कृत्रिम बुद्धि (आर्टीफिशियल इंटेलीजेंस) को सफलतापूर्वक एक साथ मिला दिया जाये तो इंलीटेलीजेंट रोबोट

के विकास में आश्चर्यजनक परिणाम सामने आयेंगे। आर्टीफिशियल इंटेलीजेंस को इंटेलीजेंट मशीन के रूप में अच्छी तरह समझा जा सकता है। उन वैज्ञानिकों एवं अभियंताओं का जो इस क्षेत्र में कार्यरत हैं, यही उद्देश्य है कि ऐसी मशीन बनायें जो बुद्धिमानी से कार्य करे। आदमी द्वारा किए जाने वाला बुद्धिमानी वाला काम अगर कोई मशीन कर देती है तो उस मशीन को हम इंटेलीजेंट मशीन कहेंगे। आर्टीफिशियल इंटेलीजेंस के मुख्य क्षेत्र जिनमें वैज्ञानिक कार्यरत हैं, वे हैं—पैटर्न पहचान, चित्र संसाधन, ध्वनि विवेचना तथा संयोजन, बोले गये वाक्यों तथा शब्दों को समझने का काम, प्राकृत भाषा की पहचान, एक भाषा से दूसरी भाषा में मशीन द्वारा अनुवाद।

यद्यपि कृत्रिम बुद्धिमत्ता क्षेत्र में कार्य अभी विकास की प्रारंभिक अवस्था में है, पर अन्य उपरोक्त सहायक क्षेत्रों में काफी काम हुआ है। बुद्धिमान रोबोट बनाने के लिए कृत्रिम बुद्धि के सिद्धांतों को प्रतिपादित किया गया है।

यह देखा जा सकता है कि अनेकानेक संवेदकों तथा संवेदी सूचना प्रोसेसिंग प्रोग्रामों के समावेश से रोबोट की कार्यकुशलता को बढ़ाया जा सकता है।

आइए, हम अमेरिका के शिक्षण संस्थानों में बने दो प्रायोगिक यंत्रमानवों को देखते हैं। पहली तरह का रोबोट गतिशील होता है तथा इसमें अनेक संवेदक लगे होते हैं। रोबोट स्वतः एक स्थान से दूसरे स्थान तक जा सकता है। सामने की बाधाओं को यह पराश्रव्य संवेदकों से जान लेता है और बाधाओं से हटकर रास्ता तय कर लेता है। रोबोट की मोटर को चलाने तथा अन्य किए जाने वाले कार्यों के लिए ऊर्जा रोबोट के अंदर रखी बैटरी से मिलती है। जैसा कि ज्ञात है, बैटरी सदैव ऊर्जा नहीं दे सकती। जब रोबोट के अंदर की बैटरी की शक्ति काफी कम हो जाती है तो इसकी जानकारी रोबोट का संवेदक सर्किट हमें दे देता है। जैसे ही इसका पता चलता है रोबोट अपना काम करना बंद कर देता है और ऐसी स्थिति में अपने टी.वी. कैमरा के सहारे यह विद्युत ऊर्जा की खोज में लग जाता है। इस क्रम में वह नजदीकी दीवार की ओर बढ़ता है और उसके समानांतर तब तक चलता जाता है जब तक कि वह बिजली के निकास बिंदु तक नहीं पहुंच जाता। जब बिजली के निकास बिंदु तक पहुंच कर यह वहां रुक जाता है और निकास बिंदु की ओर मुड़ जाता है, तब यह अपने अंदर से बिजली

के प्लग को निकाल उस निकास बिंदु में लगा देता है। इसके बाद बिजली के स्विच को ऑन कर देता है और रोबोट शरीर के अंदर रखी बैटरी को तब तक चार्ज करता रहता है, जब तक कि यह पूर्णतः चार्ज नहीं हो जाती है। तब तक यह उसी निकास बिंदु पर खड़ा रहता है। बैटरी के पूरी तरह चार्ज हो जाने पर रोबोट बिजली के स्विच को ऑफ कर देता है और प्लग को हटाकर अपने अंदर समेट लेता है। तब यह वापस वहीं पहुंच जाता है जहां पर इसे पता चला था कि बैटरी में बिजली की ऊर्जा कम हो गयी है। फिर वह बाकी के कार्य को पूरा करने में लग जाता है।

एक अन्य अमेरिकन शिक्षण संस्थान में बना दूसरा रोबोट भी गतिशील रोबोट है, जिसे प्रयोगशाला में कार्य करने के लिए बनाया गया है, जिसमें एक मेज पर छोटा घन, एक बड़ा घन, गोला, प्रिज़म रखा हुआ है। उस कमरे में विभिन्न ऊंचाई वाले रैम्प्स भी रखे हुए हैं। रोबोट को आदेश दिया जाता है कि टेबल पर से बड़े घन को हटाओ। इस आदेश पर रोबोट संवेदक के द्वारा जमीन से टेबल की ऊंचाई ज्ञात करता है, फिर इस ऊंचाई के रैम्प का पता लगाता है। यह रैम्प की ओर जाकर टेबल की तरफ रैम्प को तब तक धकेलता है जब तक रैम्प का ऊपरी सिरा टेबल के ऊंचे किनारे से सट नहीं जाता है। रोबोट तब रैम्प के सहारे टेबल पर चढ़ जाता है। अब टेबल पर टी. वी. कैमरे से सब सामान की जांच करता है। वहां पर दोनों घनों में से बड़े घन की पहचान करता है। पुनः यह बड़े घन को मेज पर से हटाता है। अब रैम्प के सहारे वह टेवल से नीचे उतरता है, रैम्प को धक्का मारकर इसकी पुरानी जगह पर ले जाता है और बाद में यह संदेश प्रसारित करता है कि दिया गया काम इसने पूरा कर लिया है। मेज की ऊंचाई बदली जा सकती है, मेज पर रखे सामान को बदला जा सकता है, आदेश भी बदला जा सकता है। जो भी हो, हर बार रोबोट दिए गये काम को संपन्न कर देता है।

क्या रोबोट अनियमित व्यवहार करके क्षति पहुंचा सकता है अथवा परेशानी में डाल सकता है ?

यह संभव है। आपने समाचारों में पढ़ा होगा कि अमुक होटल में रोबोट ने ग्राहकों की सेवा करने की बजाय उन पर चाय उंड़ेल दी या रोबोट ने आदमी को चोट

पहुंचाकर मार डाला। ऐसी बातें संभव हैं, लेकिन उचित सावधानी बरतने पर इनसे बचा जा सकता है। रोबोट के अनेक हिस्से होते हैं, उसमें से कोई भी खराब हो सकता है। जब रोबोट से कठिन परिस्थितियों में काम लिया जाता है तो उसमें संवेदक लगाने चाहिए ताकि वे रोबोट के प्रत्येक पुर्जे की उचित जांच करते रहें। जब किसी खराबी का पता चलता है, तब खराब अंगों के स्थान पर ठीक अंग लगा दिए जाते हैं ताकि रोबोट निर्दिष्ट काम कर सके। इसके लिए अच्छे, महंगे संवेदक सर्किट तथा अतिरिक्त अंग-अवयवों/हिस्सों को भंडार में रखना पड़ता है ताकि खराब हिस्सों को तुरंत बदला जा सके। अगर यह सावधानी बरती जाये तो रोबोट कदापि दुर्व्यवहार नहीं करेगा।

क्या रोबोट कभी मनुष्य का स्वामी बन सकता है ? क्या रोबोट मनुष्य के लिए खतरनाक हो सकता है ?

हां, कैपेक के नाटक 'रोसम'स यूनिवर्सल रोबोट में इस बात की संभावना व्यक्त की गयी है कि रोबोट कभी मनुष्य का स्वामी भी बन सकता है और बना रहेगा। इसका जिक्र विज्ञान की काल्पनिक कथाओं तथा चलचित्रों में भी आता है। ऐसे खतरनाक रोबोट का निर्माण असंभव नहीं है, लेकिन इसकी अनुभूति, कल्पना तथा सृजन मनुष्य के द्वारा संभव है। मनुष्य ही रोबोट को नियंत्रित करने के लिए प्रोग्राम लिखता है। मनुष्य के द्वारा ही ऐसा प्रोग्राम बनाया जायेगा जिससे एक रोबोट दूसरे रोबोट की रचना करेगा। यहां यह बात स्पष्ट हो जाती है कि कोई भी प्राणी ऐसा मूर्ख नहीं होगा जो ऐसे रोबोट की परिकल्पना और सृजन करे और उसमें ऐसी सुविधा और सामर्थ्य ला दे कि वह रोबोट उसके विरोध में काम करे। हमें ज्ञात है कि अगर दुष्ट आदमी को शक्ति मिल जाये तो वह खतरनाक बन जाता है। अगर पहले से ही सही सावधानी नहीं बरती जायेगी तो रोबोट खतरनाक बनकर हमें हानि पहुंचा सकता है। प्रसिद्ध विज्ञान कहानी लेखक सर आइजक एसीमोव ने यंत्रमानवविज्ञान के तीन नियमों को प्रतिपादित किया है, जिन पर हरेक रोबोट बनाने वाले को गंभीरता से विचार करना चाहिए। वे तीन नियम इस प्रकार हैं :

नियम 1 : रोबोट आदमी को चोट न पहुंचाने पाए अथवा अपनी अक्रियाशीलता द्वारा मनुष्य को स्वतंत्रता प्रदान करे कि मनुष्य उसे नुकसान पहुंचा

सके।

नियम 2 : रोबोट को हमेशा अपने मालिक की आज्ञा का पालन करना चाहिए। 'लेकिन यह आज्ञा पहले नियम के विरोध में कदापि न हो।

नियम 3 : रोबोट अपने अस्तित्व को तब तक बचा कर रखे जब तक कि वह बचाव नियम 1 तथा 2 के विरोध में नहीं है।

जुपिटर ऑफसेट वर्क्स, दिल्ली-110032 द्वारा मुद्रित